

AUS DEM MEDIZINISCHEN ZENTRUM FÜR ZAHN-, MUND- UND
KIEFERHEILKUNDE

der Philipps-Universität Marburg

(Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. U.Lotzmann)

- ABTEILUNG FÜR ZAHNERHALTUNG -

(Direktor: Prof.Dr. V.Stachniss)

**In vitro Evaluation der lateralen Guttapercha-Kondensations-
technik mit Fingerspreadern verschiedener Spitzengeometrie.**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Humanmedizin

der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt

von

Alexander Kroneberger

aus Bendery

Marburg/Lahn 2004

1 Einleitung und Problemstellung	5
2 Literaturübersicht	7
2.1 Allgemeine Vorgänge bei einer Wurzelkanalbehandlung	7
2.2 Methoden zur Wurzelkanalaufbereitung	8
2.2.1 Ziele und Durchführung der Wurzelkanalaufbereitung	8
2.2.2 Manuelle Aufbereitungsmethoden	10
2.2.2.1 Konventionelle Aufbereitungstechnik	10
2.2.2.2 Step Back Technik	11
2.2.2.3 Weitere manuelle Techniken	12
2.2.3. Maschinelle Aufbereitungsmethoden	13
2.2.3.1 Endodontie-Winkelstücke	13
2.2.3.2 Geräte mit rotierender Arbeitsweise	14
2.2.3.2.1 Instrumente mit normkonformer Konizität	14
2.2.3.2.2 Instrumente mit veränderter Konizität	14
2.2.3.2.3 Instrumente mit verkürztem Arbeitsteil	17
2.2.3.3 Ultraschall- und Schallvibrationssysteme	18
2.2.4 Qualitätskriterien und Evaluationsverfahren für die Aufbereitung	19
2.3 Methoden zur Wurzelkanalfüllung	21
2.3.1 Ziele der Wurzelkanalfüllung	21
2.3.2 Materialien zur Wurzelkanalfüllung	22
2.3.3 Wurzelkanalfülltechniken	24
2.3.3.1 Zentralstifttechnik	24
2.3.3.2 Kalte laterale Kondensation	25
2.3.3.3 Warme laterale Kondensation	27
2.3.3.4 Laterale Kondensation mit modifiziertem Spreader (Typ "flat tip")	27
2.3.4 Qualitätskriterien für Wurzelfüllmethoden	28
2.3.4.1 In-vivo Qualitätskriterien	28
2.3.4.2 In-vitro Qualitätskontrolle	28
2.4 Methodik von bisher durchgeführten Untersuchungen	29
2.4.1 Auswahl der Proben	29
2.4.2 Art der Aufbereitung	29
2.4.3 Verwendete Indikatoren	29
2.4.4 Nachweis der Indikatoren	30
2.5 Ergebnisse zur Fragestellung	32
3 Zielsetzung	33
4 Materialien und Methoden	34
4.1 Übersicht und Einteilung der Versuchsgruppen	34
4.2 Probenherstellung	35

4.2.1 Auswahl der Zähne	35
4.2.2 Vorbereitung der Zähne	35
4.2.3 Aufbereiten der Wurzelkanäle	36
4.2.4 Vorbereitung der Spreader	36
4.2.5 Wurzelkanalfüllung	37
4.2.5.1 Wurzelfüllung der Kontrollgruppe	37
4.2.5.2 Wurzelfüllung der Prüfgruppen	38
4.2.6 Farbstoffpenetration und Verblindung	38
4.2.7 Einbettung der Proben und Herstellung der Querschnitte	39
4.3 Auflichtmikroskopische Beurteilung der Schnitte	41
4.3.1 Penetrationsgrad	42
4.3.2 Penetrationstiefe	42
4.3.3 Porositäten	42
4.3.4 Wurzelfrakturen	42
4.4 Statistische Auswertung	43
5 Ergebnisse	44
5.1 Penetrationsgrad	44
5.2 Penetrationstiefe	47
5.3 Porositäten	49
5.4 Wurzelfrakturen	49
5.5 Hypothesenprüfung	50
5.5.1 Erste Hypothese	50
5.5.2 Zweite Hypothese	50
5.5.3 Dritte Hypothese	51
6 Diskussion	52
6.1 Material und Methode	52
6.1.1 Auswahl der Proben	52
6.1.2 Wurzelkanalaufbereitung	52
6.1.3 Wurzelkanalfüllung	53
6.1.4 Farbstoffpenetrationstest	53
6.2 Abschließende Bewertung der Ergebnisse	54
6.2.1 Vergleich der Kontrollgruppe mit den Prüfgruppen	54
6.2.2 Der Einfluss des Faktors Spreader	54
6.2.3 Der Einfluss des Faktors Taper	56
6.2.4 Untersuchung auf Porositäten	56
6.2.5 Untersuchung auf Frakturen	57

7	Klinische Schlussfolgerung	58
8	Zusammenfassungen	59
8.1	Zusammenfassung (vierseitig).....	59
8.1.1	Einleitung und Ziel der Studie	59
8.1.2	Material und Methode	59
8.1.3	Ergebnisse.....	60
8.1.4	Diskussion und klinische Schlussfolgerung.....	62
8.2	Zusammenfassung (einseitig).....	63
8.3	Zusammenfassung (einseitig, englisch).....	64
9	Literaturverzeichnis	65
10	Materialverzeichnis	77
11	Danksagung.....	79
12	Tabellarischer Lebenslauf.....	80
13	Ehrenwörtliche Erklärung.....	81

1 Einleitung und Problemstellung

Der Wunsch, die eigenen Zähne möglichst lange zu erhalten, ist in der Bevölkerung in den letzten Jahren zunehmend größer geworden. Während früher vor allem im Rahmen der Schmerzbehandlung die Extraktion häufig die einzige Therapiemöglichkeit darstellte, ist das Spektrum der zahnerhaltenden Maßnahmen heute erheblich größer. Im Rahmen der konservierenden Behandlungen hat besonders die Endodontie in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Diese zeigt sich in erster Linie in einer hohen endodontischen Behandlungsbedürftigkeit (treatment need) mit 2.3% aller Zähne [Weiger et al. 1997] und einer hohen endodontischen Behandlungserfahrung. In einer schwedischen Studie hatten bereits 9.1 % aller 19-jährigen Patienten mindestens eine endodontische Behandlung erfahren [Ridell et al. 2003].

Das Hauptziel einer endodontischen Behandlung ist die Entfernung von Mikroorganismen aus dem Wurzelkanal. Da selbst nach einer sorgfältigen Aufbereitung und Spülung des Kanalsystems nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle Bakterien eliminiert wurden, muss eine dichte Wurzelfüllung erfolgen. Nur eine solche ist in der Lage, jegliche Verschiebung von Flüssigkeiten zu unterbinden. Ist dies nicht der Fall, kann es zu einem Eindringen von Gewebeflüssigkeit aus dem Periapikalraum in das Kanalsystem kommen. Diese stellt für die verbliebenen Bakterien ein Nährsubstrat dar und erlaubt ihre Vermehrung, woraus wiederum eine erhöhte Freisetzung von Endotoxinen resultiert. Als Folge entsteht eine chronische Entzündung, die akut exacerbiert werden kann.

Die Durchführung einer dichten Wurzelkanalfüllung ist eng mit der erfolgreichen Reinigung und Formgebung (cleaning and shaping) des Wurzelkanals verknüpft. Für den Füllungsvorgang stehen wenige Materialien und Methoden zur Verfügung, die überdies noch sehr techniksensitiv sind und vom Anwender einen hohen Grad an Einarbeitung verlangen. Die Kombination von Material und Werkstoff ist dann erfolgreich, wenn sie eine dauerhaft dichte Füllung ermöglicht. Eine methodische Hinterfragung von bestehenden Methoden kann daher über diesen Weg in vitro erfolgen. Da der Standardwerkstoff zur Füllung immer noch die Guttapercha in Kombination mit einem Wurzelkanalsealer ist, kommt hierbei insbesondere dem Kondensationsprozess eine große Bedeutung zu. Die Methode der Wahl ist hier die laterale Kondensation, die im Vergleich zum Goldstandard, der vertikalen Kondensation, leichter zu erlernen und umzusetzen ist [Klimm 2003]. Für diese Methode werden konische Kondensationsinstrumente verwendet (sogen. Spreader), die die weiche Guttapercha mechanisch an die Kanalwand pressen und durch diese Kaltverformung Platz für neue Füllstifte machen. Die Idee eines Spreaders, der

nicht nur lateral, sondern auch vertikal kondensiert liegt auf der Hand. Hierbei wird die Arbeitsspitze des Spreaders so abgeflacht, dass die Struktur eines Planstopfers entsteht, welcher die Guttapercha nach unten in Richtung Apex drückt. Ziel der vorliegenden Studie ist die Evaluation eines solchen Instruments im Vergleich zur konventionellen Instrumentenform.

2 Literatur

2.1 Allgemeine Vorgänge bei einer Wurzelkanalbehandlung

Die endodontische Behandlung umfasst folgende Behandlungsabschnitte [[Europäische Gesellschaft für Endodontologie 1994](#)]:

- **Entfernung des Weichgewebes:** Entfernung der vitalen, entzündeten, gangränösen oder nekrotischen Pulpa aus dem Wurzelkanalsystem (Abb. 2.1). Dies geschieht in der Regel mit endodontischen Feilen oder Exstirpationsnadeln.
- **Adäquate Aufbereitung:** instrumentelle mechanische oder maschinelle Aufbereitung und Reinigung des Wurzelkanals um Keimarmut/Keimfreiheit zu erzielen und eine adäquate Form für die folgende Wurzelkanalfüllung zu erreichen. Zwischen den einzelnen Instrumentenwechseln wird das Kanalsystem mit desinfizierenden und Weichgewebe auflösenden Spülungen behandelt.
- **Obturation des Wurzelkanalsystems:** diese erfolgt um die geschaffene Verbindung vom externen zum internen Milieu zu unterbinden. Das durch die Aufbereitung geschaffene Lumen muss möglichst vollständig mit dem Füllmaterial ausgefüllt werden, um verbleibenden Bakterien keine Nährsubstrat und keinen Siedlungsraum zu bieten.

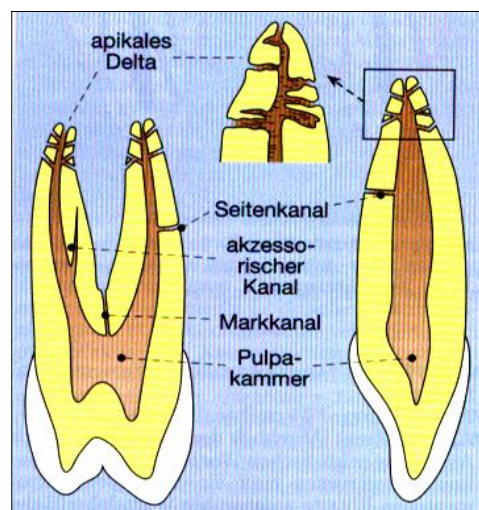


Abb. 2.1: Wurzelkanal eines Seitenzahns und eines Schneidezahns mit deltaförmigen Verzweigungen sowie Seiten- und Markkanälen. Bildquelle: [Lexikon Zahnmedizin, 2000](#).

Hierbei werden die prinzipiellen Arbeitsschritte „Weichgewebsentfernung“ und „Aufbereitung“ häufig in einen Arbeitsgang zusammengefasst.

2.2 Methoden zur Wurzelkanalaufbereitung

2.2.1 Ziele und Durchführung der Wurzelkanalaufbereitung

Ziel der Wurzelkanalaufbereitung ist die Entfernung von Weichgewebe und infiziertem Dentin, die Erweiterung unter Beibehaltung von apikaler Konstriktion und ursprünglichem Verlauf sowie die dreidimensionale konische Ausformung des aufzubereitenden Kanals [[Schilder 1974](#)].

Vor allem durch die konische Ausformung sollte anschließend eine dichte Füllung des Wurzelkanals ermöglicht werden. Eine günstige Kanalform ermöglicht den zur Füllung notwendigen Instrumenten einen ausreichenden Zugang zum aufbereiteten Kanal [[Schilder 1974](#), [Hülsmann 2001](#)]. Eine stärkere Konizität als die in der Norm für Wurzelkanalinstrumente [[DIN EN ISO 3630-1, 1994](#)] vorgeschriebene Konizität von 2% wird in der Literatur für einige Verfahren als günstig beschrieben. Die Aufbereitungsform muss mit der Wurzelfüllmethode kompatibel sein.

Um eine Kontamination des Wurzelkanals durch orale Standortflora oder transiente Bakterien aus dem Speichel zu vermeiden, ist eine Wurzelkanalbehandlung in-vivo generell nur unter absoluter Trockenlegung durchzuführen. Dies erfolgt mit einem gelochten Gummituch (sogen. Cofferdam) mit welchem der zu behandelnde Zahn gegenüber der Mundhöhle isoliert wird [[Beer&Baumann 1997](#)].

Vor der suffizienten Wurzelkanalaufbereitung muss die Arbeitslänge bestimmt werden. Geeignet hierfür ist vor allem die Röntgenmessmethode nach Ingle [[Hülsmann&Rödig 2001](#)] alleine oder in Kombination mit der Endometrie [[Hör&Attin 2001](#)]. Hierbei wird die Parallelröntgentechnik aufgrund ihrer verzerrungsarmen Darstellung als vorteilhaft beschrieben. [[Hülsmann&Rödig 2001](#), [Europäische Gesellschaft für Endodontologie 1994](#), [West et al. 1994](#)].

Die Aufbereitung sollte an der engsten Stelle des Wurzelkanals apikal beendet werden. Diese Stelle wird als "Foramen physiologicum" bezeichnet (Abb. 2.2), hier befindet sich in der Regel die Dentin/Zement Grenze [[Hasselgren 1994](#), [Hellwig et al. 1999](#)].

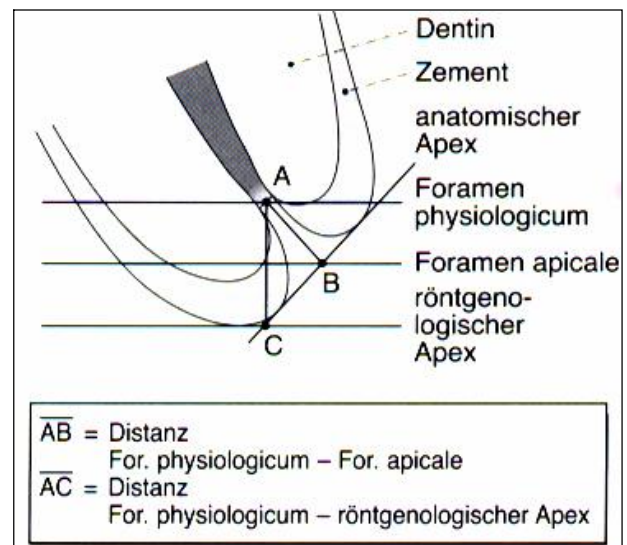


Abb. 2.2: Anatomie und Topographie der Wurzelspitze.

Bildquelle: [Hellwig et al. 1999](#).

Der Abstand zwischen röntgenologischem Apex und Foramen physiologicum schwankt zwischen 0,5mm und 2,0mm, im Durchschnitt liegt er bei 1,1 mm [[Guldener 1993](#), [Hoppe et al. 1993](#), [Kunzelmann et al. 1992](#)]. Da der physiologische Apex nicht im Röntgenbild dargestellt werden kann, wird empfohlen, die Arbeitslänge bis ca. 1,0 mm vor den röntgenologisch sichtbaren Apex festzulegen [[Guldener 1993](#), [Schulz-Bongert 1999](#)]. Auch bei orthoradialer Projektion besonders bei gekrümmten Wurzeln muss mit einem Projektionsfehler gerechnet werden, daher wird vielfach empfohlen, zur Sicherheit bei der definitiven Festlegung der Arbeitslänge zusätzlich 0,5 mm abzuziehen [[Hellwig et al. 1999](#)]. Um eine Über- bzw. Unterinstrumentierung zu vermeiden, sollte bei Abweichungen des Messinstrumentes von mehr als 3 mm eine zweite Messaufnahme angefertigt werden [[Guldener 1993](#)]. Nach Festlegung der Arbeitslänge kann nun mit der Kanalpräparation begonnen werden. Eine Instrumentierung über die festgelegte Arbeitslänge hinaus muss vermieden werden. Dies gewährt die Schonung des periapikalen Mischgewebes und erhält die physiologische Konstriktion. Die Aufbereitung erfolgt als kontinuierliche, kontrollierte Aufweitung des Kanallumens, die eine konische Grundform ergeben soll [[Beer 1993](#), [Schilder 1974](#), [Schulz-Bongert 1999](#), [West et al. 1994](#)].

Die herkömmliche manuelle Wurzelkanalaufbereitung konnte bis dato, trotz ihres Zeitaufwands, noch nicht vollständig durch die maschinelle Wurzelkanalaufbereitung verdrängt werden. Nachteile der maschinellen Aufbereitung liegen in der fehlenden Berücksichtigung der konkreten anatomischen Varianz der Wurzelkanäle [[Glosson et al. 1995](#), [Tepel 1998](#)] und der verminderter Taktilität des Behandlers [[Schäfer 1999](#), [Schulz-Bongert 1999](#)].

Ein Handinstrument besteht aus Griff, Schaft und Arbeitsteil. Die Größenangaben für ein Instrument bezieht sich auf den Durchmesser des Instrumentenrohrlings an der Instrumentenspitze in Hundertstel Millimeter, den so genannten d1-Wert [DIN EN ISO 3630-1, 1994]. Der Durchmesser nimmt bei jedem Instrument kontinuierlich von der Spitze (d1-Wert) zum Ende des Arbeitsteils (d3-Wert) um 0,32 mm zu, der Abstand zwischen diesen Punkten ist bei allen Instrumenten 16 mm (Abb. 2.3). Hieraus ergibt sich eine Durchmesseränderung pro mm Instrumentenlänge von 0,02 mm. Dieser Wert wird im endodontischen Sprachgebrauch als „Taper“ bezeichnet. Alle Norminstrumente haben einen Taper von 0,02, in den letzten Jahren wurden jedoch vermehrt auch nicht normkonforme Instrumente mit größeren Tapern entwickelt.

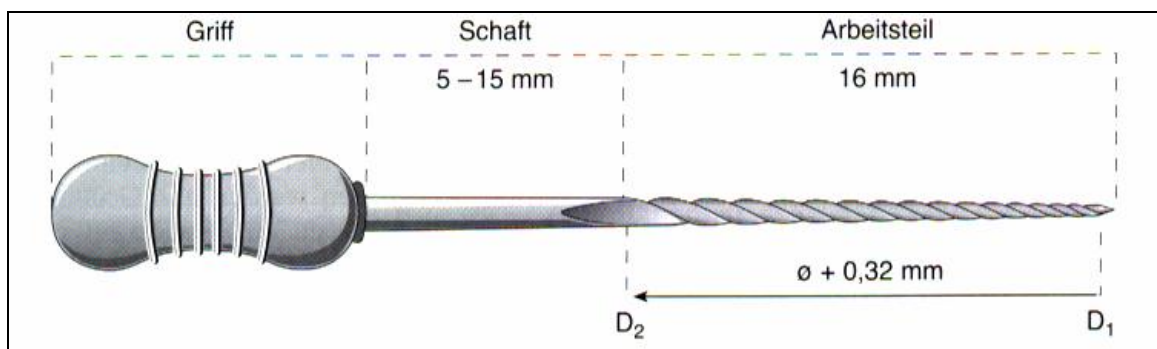


Abb. 2.3: Maße für Wurzelkanalinstrumente entsprechend der ISO-Norm.
Die Angabe d2 entspricht hier der Bezeichnung d3 aus der ISO-Norm.
Bildquelle: Hellwig et al. 1999.

2.2.2 Manuelle Aufbereitungsmethoden

2.2.2.1 Konventionelle Aufbereitungstechnik

Die manuelle Wurzelkanalaufbereitung mit Feilen und Reamern (Abb. 2.4) wird in der Literatur als Standardmethode beschrieben. Sie setzt die primäre Darstellung des Kanaleingangstrichters mit rotierenden Instrumenten voraus. Hedström-Feilen können bei nicht drehender, ziehender Arbeitsweise zur effektiven Kanalerweiterung von Wurzelkanälen eingesetzt werden. Eine gute Glättung der Wurzelkanalwände kann anschließend mit einem Reamer unter stoßend-drehender Arbeitsweise mit geringem Druck erreicht werden. Bei der konventionellen Aufbereitung von geraden Wurzelkanälen wird das Kanalsystem mit jedem verwendeten Instrument bis auf die volle Aufbereitungstiefe bearbeitet [Beer&Baumann 1997, Guldener&Langeland 1993, Schilder

1974, [Weine 1995](#)]. Bei der Verwendung von ISO-genormten Instrumenten und konventioneller Aufbereitung erhält der Wurzelkanal somit eine Konizität mit einem Taper von 0,02, entsprechend der genormten Instrumentenkonizität.

Feilen und Reamer unterscheiden sich in ihrer Arbeitsweise voneinander. Die Feile ermöglicht bei ziehender Arbeitsweise einen suffizienten Dentinabtrag. Eine gute Glättung der Wurzelkanalwände kann anschließend mit Reamern in stoßend-drehender Arbeitsweise unter geringem Druck erreicht werden [[Guldener&Langeland 1993](#)].

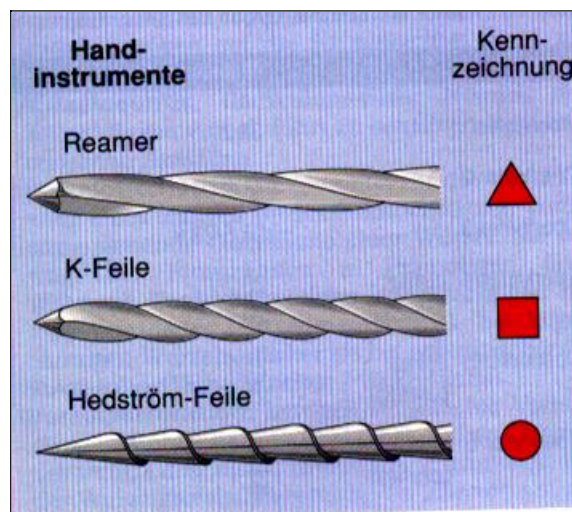


Abb. 2.4: Aufbereitungsinstrumente: vergleichende Darstellung von Reamer, Kerr-Feile und Hedström-Feile.
Bildquelle: [Hellwig et al. 1999](#).

2.2.2.2 Step Back Technik

Mit der Step Back Technik wird im apikalen Drittel eine größere Konizität des aufbereiteten Wurzelkanals erzielt als bei der konventionellen Aufbereitung. Damit ist der Eingangstrichter und der koronale Anteil des Kanalverlaufs weiter und der Zugang zum Wurzelkanalsystem wird für die folgende Wurzelfüllung erleichtert.

Erzielt wird dieser Effekt durch Reduktion der Arbeitslänge, nachdem eine Mindestaufbereitung im apikalen Bereich erzielt wurde. Die Arbeitslänge wird hierzu nach jeder Instrumentengröße um 0.5-1 mm verkürzt (Abb. 2.5). Es entsteht so eine stufenartige Aufbereitung mit einem größeren Taper als 0,02. Die Stufen werden unter Verwendung von Feilen zwischen den Arbeitsschritten geglättet.

Vor dem Wechsel der ISO-Größen muss mit der „apikalen Referenzfeile“ (sog. apical masterfile = AMF) immer wieder überprüft werden, ob die volle Arbeitslänge weiterhin zugänglich bleibt. Das letzte verwendete Instrument wird als „finale Feile“ (final file = FF) bezeichnet [Guldener&Langeland 1993, Weine 1995, West et al. 1994]. Je nach Arbeitslängenreduktion wird ein größerer Taper als 0,02 erzielt, der für die folgende Wurzelkanalfüllung von Vorteil ist.

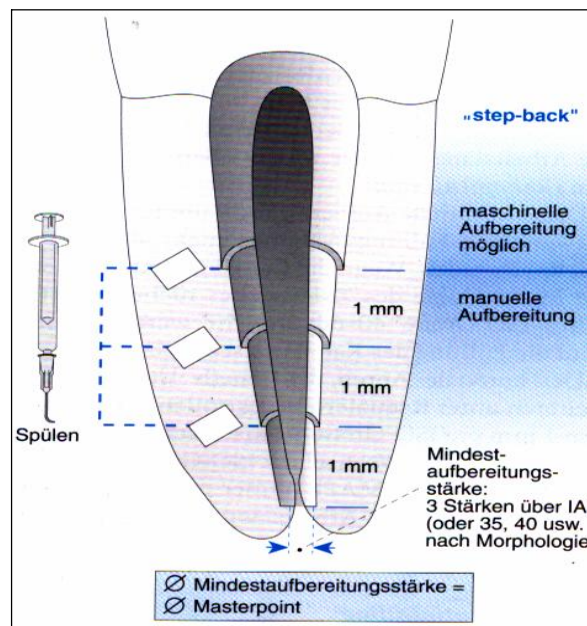


Abb. 2.5: Schematische Darstellung der „Step Back Technik“
Bildquelle: PdZ Reihe, Zahnerhaltung

2.2.2.3 Weitere manuelle Techniken

Bei der „crown down“ Technik wird zunächst der koronale Kanalanteil mittels rotierender Instrumente aufbereitet. Danach arbeitet man sich stufenweise mit immer kleineren Instrumentengrößen nach apikal vor. Diese Technik ist vor allem bei nur koronal infizierter Pulpa anzustreben, da zuerst das betroffene Pulpagewebe ausgeräumt wird, bevor die apikalen Bereiche endgültig aufbereitet werden. Ein weiterer Vorteil ist die primäre Aufbereitung der koronalen Kanalanteile, was insbes. bei gekrümmten Kanälen den Zugang zu tieferen Kanalabschnitten erleichtert [Beer&Baumann 1997, Griesinger&Albers

1993]. Die sogen. „double flare“ Technik kombiniert die „crown down“ Technik mit der konventionellen Step-Back Technik [Beer&Baumann 1997]. Auch hier entsteht ein stärkerer Taper als 0,02. Beide Techniken erzielen diese Aufbereitungsform mit genormten Handinstrumenten.

2.2.3. Maschinelle Aufbereitungsmethoden

In den letzten Jahren sind die maschinellen Aufbereitungsmethoden fester Bestandteil der endodontischen Behandlung geworden. Diese führen bei Wurzelkanalaufbereitungen zu einer Erleichterung und Zeitersparnis, insbesondere seit Instrumente aus hochflexibler Nickel/Titan-Legierung verfügbar sind. Bei der Bewertung dieser Aufbereitungsmethoden herrscht in der Literatur Konsens darüber, dass sie mit verringerter Taktilität einhergehen [Beer 1993, Tepel 2000, Weine 1995].

Im Wesentlichen lassen sich diese Instrumente in vier Gruppen einteilen [Tepel 2000]:

1. Endodontie-Winkelstücke
2. Geräte mit rotierender Arbeitsweise
3. Ultraschallsysteme
4. Schallvibrationssysteme

2.2.3.1 Endodontie-Winkelstücke

Historisch gesehen wurden diese Systeme entwickelt, um maschinell Kanäle mit konventionellen Instrumentenformen aus Stahl aufzubereiten. Hierzu wurden Winkelstücke entwickelt, welche die Rotation des Mikromotors der zahnärztlichen Einheit in Hubbewegungen und/oder oszillierende Teilrotationen umwandeln.

Bedingt durch die mangelhafte Flexibilität der verwendeten Stahlinstrumente waren die Aufbereitungsergebnisse dieser Verfahren suboptimal und der konventionellen manuellen Aufbereitung unterlegen. Aus diesem Grunde werden sie im Allgemeinen nicht mehr zur Wurzelkanalaufbereitung empfohlen [Beer&Baumann 1997, DGZ 2001].

2.2.3.2 Geräte mit rotierender Arbeitsweise

Die Aufbereitung mit rotierenden Instrumenten ist für einfache Kanäle unproblematisch, für gekrümmte Kanäle allerdings begrenzt durch die mangelnde Flexibilität und die hohe Bruchgefahr der verwendeten Stahllegierungen. Erst die Verwendung von superflexiblen Instrumenten aus Ni/Ti Legierungen machte diese Lösung möglich. Gegenüber konventionellen Legierungen sind die verringerte Bruchgefahr und die hohe Flexibilität bei verringerter Schneidleistung und höherem Verschleiß hervorzuheben [Beer 1998, Buchanan 1996, Buchanan 1997, Roig-Cayon et al. 1997, Schäfer et al. 1994, Thompson & Dummer 1997]. Wegen der dennoch bestehenden Bruchgefahr kommen hier jedoch spezielle drehmomentkontrollierte Motoren zum Einsatz.

Nickel-Titan Instrumente lassen sich nach Tepel in drei Gruppen einteilen [Tepel 2000]:

1. Instrumente mit normkonformer Konizität
2. Instrumente mit veränderter Konizität
3. Instrumente mit verkürztem Arbeitsteil

2.2.3.2.1 Instrumente mit normkonformer Konizität

Rotierende Instrumente mit normkonformer Konizität unterscheiden sich nicht vom Arbeitsteil ihrer korrespondierenden Handinstrumente. Es handelt sich in der Regel um Instrumente vom Typ der K-Feile, wie z.B. Mity Roto – 360°. Sie entsprechen hinsichtlich ihrer Größenstaffelung und ihrer Konizität den ISO Vorgaben.

2.2.3.2.2 Instrumente mit veränderter Konizität

Instrumente mit stärkerer Konizität als 0,02 (Taper) weichen von den Vorgaben nach ISO 3630 ab, da diese einen Taper von genau 0,02 vorschreibt. Die Größenbezeichnung der Wurzelkanalinstrumente entspricht ihrem Durchmesser an der Stelle d1 (Abb. 2.6). Der Durchmesser d1 ist der theoretische Durchmesser des bis zur Spitze projizierten Kegels des Arbeitsteils (Spitzendurchmessers des Instrumentenrohlings, sofern das Instrument aus einem Rohling gefräst wird). Er wird in 1/100 mm angegeben [Krammer & Schlepper

1992]. Ein Instrument mit einem Durchmesser von 0,30 mm entspricht, soweit alle anderen Kriterien der ISO-Norm gegeben sind, somit einem Instrument der ISO Stärke 30.

Im ISO-Standard 3630 sind alle Instrumente für die Wurzelkanalaufbereitung definiert. Die ISO-Größentabelle erlaubt hinsichtlich des Durchmessers an der Instrumentenspitze Herstellungstoleranzen von $\pm 0,02$ mm. Da die heutigen Herstellungsprozesse die Einhaltung kleinerer Toleranzen ermöglichen, sind die Hersteller in der Lage, mit ihren Größenbezeichnungen zu variieren. So liegen bei der Firma Dentsply die ProFile-Instrumente bis zur Größe 30 am unteren Rand der ISO-Vorgabe, teilweise sogar darunter. Das kann unter Umständen zu Problemen bei der Wurzelkanalfüllung führen, da der zugehörige Guttapercha-Stift im apikalen Bereich nicht optimal adaptiert wird.

Rotierende Nickel-Titan-Instrumente werden in Tapern von 0,02 - 0,06 und darüber hinaus teilw. bis 0,12 hergestellt (Abb. 2.7). Bei einzelnen Instrumenten sind auch mehrere Taper im Instrumententeil (M-File, Firma Gebr. Brasseler, Komet) oder nichtlineare Taperverläufe (Pro-Taper, Firma Maillefer) möglich [Hülsmann 2002].

Die Instrumente mit starker Konizität werden in der Regel nicht komplett auf Aufbereitungslänge in den Wurzelkanal eingebracht. Sie dienen nur im koronalen Anteil des Wurzelkanals dazu, einen besseren Zugang zu schaffen. Aufgrund der hohen Konizität dieser Instrumente wird automatisch bei Wurzelkanalaufbereitung eine entsprechend stark konische Wurzelkanalformung erzielt [Hülsmann 2001, Hülsmann 2002].

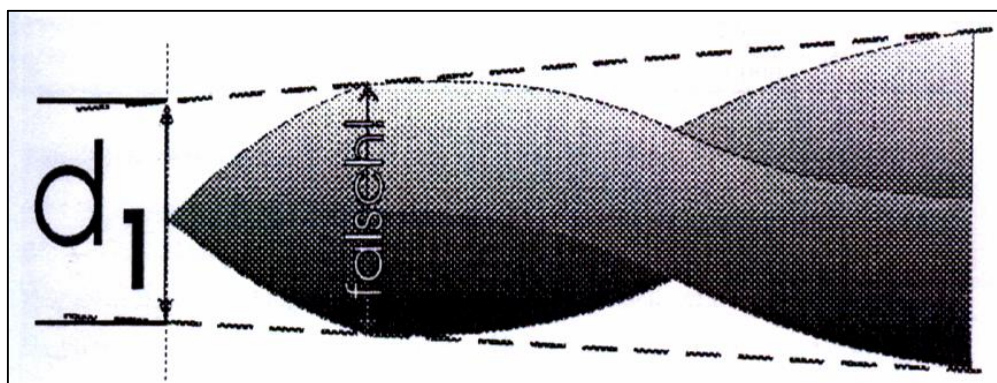


Abb. 2.6: Fiktiver Durchmesser d_1 , mit welchem die Größen von Wurzelkanalinstrumenten gem. DIN EN ISO 3630-1 angegeben werden.
Bildquelle: [Loser 1999](#)

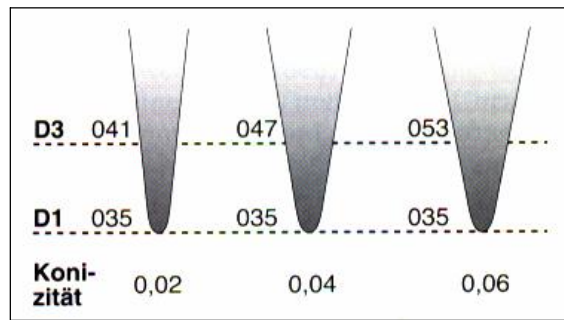


Abb. 2.7: Neu entwickelte Instrumente mit einem Taper von 0,04 und 0,06.
d1 entspricht dem gedachten Durchmesser an der Instrumentenspitze,
d3 ist der Durchmesser am Ende des Arbeitsteils.
Bildquelle: [Hellwig et al.1999](#).

Eine obligatorische Voraussetzung zur Anwendung von maschinellen Wurzelkanalinstrumenten mit nicht-normkonformem Taper ist die Benutzung der Crown-Down Technik. Hierbei wird der Kanaleingang zunächst mit stark konischen Instrumenten erweitert und in weiteren Schritten mit ständig verkleinerter Größe auf die endgültige Arbeitslänge aufbereitet [[Guldener&Langeland 1993](#), [Hülsmann 2001](#)].

Ein Nachteil maschineller Verfahren ist aufgrund der verminderten Taktilität und der möglichen Erhöhung des Drehmomentes die gesteigerte Gefahr des Instrumentenbruchs.

Um dieses Risiko zu reduzieren wurden, von der Industrie Motoren mit regulierbarem Drehmoment und einstellbarer Drehzahl entwickelt (Abb. 2.8). Diese basieren entweder auf dem mechanischen Prinzip einer Rutschkupplung, oder auf der elektronischen Überwachung des maximal zulässigen Drehmoments. Während es bei der Überschreitung des eingestellten Drehmoments bei den mechanischen Systemen nur zu Abbruch des Arbeitsganges kommt, ändern die elektronischen Systeme teilweise ihre Drehrichtung. Das bewirkt, dass ein „festgefressenes“ Instrument wieder gelöst wird und soll die Bruchgefahr erheblich reduzieren. Weiterhin erlauben elektronische Systeme im Gegensatz zu mechanisch kontrollierten Systemen eine elektronische Einstellung aller Parameter für den individuellen Feilentyp aus einer internen Datenbank [[Hülsmann 2002](#)].

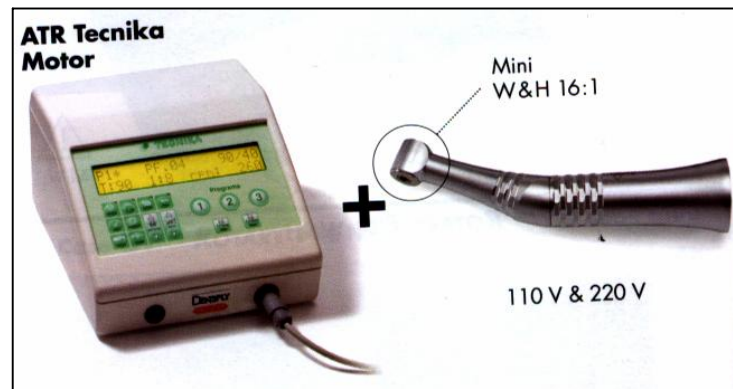


Abb. 2.8: Drehzahl/Drehmoment regulierte Motor für Endodontie
Bildquelle: Firma VDW

2.2.3.2.3 Instrumente mit verkürztem Arbeitsteil

Instrumente mit verkürztem Arbeitsteil weisen nur einen bis ca. zwei Millimeter langen Arbeitsteil auf, an den sich ein bis zu 16 mm langer Schaft anschließt. Dieser Arbeitsteil ist ähnlich einem Bohrkopf gestaltet, welcher an einem dünneren Schaft sitzt. Der Vorteil des dünneren Schaftes ist die höhere Flexibilität, was die Aufbereitung in gekrümmten Kanälen erleichtert. Nachteilig wirkt sich bei diesen Instrumenten die erhöhte Bruchgefahr bei Überschreitung des empfohlenen Drehmoments aus. Eingesetzt werden diese Instrumente ausschließlich zur Aufbereitung gekrümmter Wurzelkanäle. Die typischen Vertreter dieser Instrumentengruppe sind Flexogates, Heliapical und Canal-Master-U. Im Jahre 1990 ist eine Weiterentwicklung der Canal-Master-U Instrumente aus Nickel-Titan unter dem Namen LightSpeed (Abb. 2.9) vorgestellt worden. Aus der Wurzelkanalaufbereitung mit diesen Instrumenten resultiert ein zylindrisches Kanallumen, das nicht der Forderung nach einer konischen Aufbereitung entspricht. Um dies zu korrigieren, wurde die Anwendung der Step Back Technik empfohlen [Peters et al. 1997, Herrmann 1999].

Bei allen Verfahren muss berücksichtigt werden, dass auch bei standardisierter Arbeitsführung keine maschinell angetriebene Feile in der Lage ist, eine gleichmäßig konische Aufbereitung des Wurzelkanals zu erzielen, ohne eine Abweichung von der ursprünglichen Kanalform zu erzeugen. Im koronalen Kanaldrittel zeigen alle Feilen einen größeren Materialabtrag als es ihrem Konus entsprechen würde [Tepel 1998].

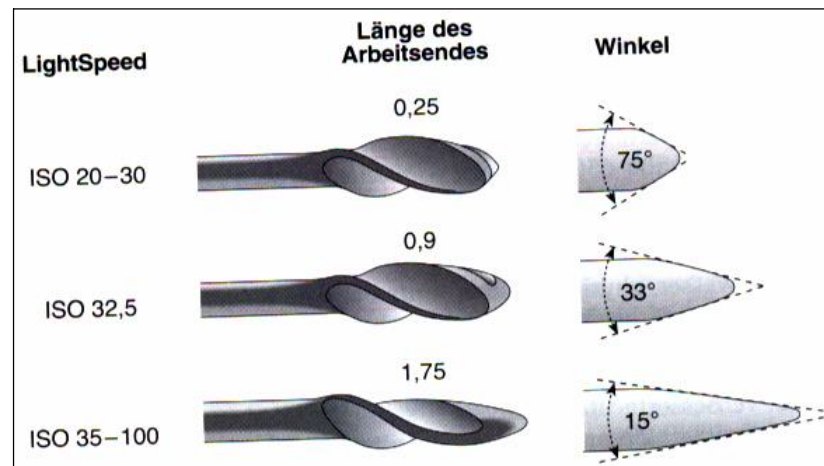


Abb. 2.9: LightSpeed-Instrumente zur maschinellen Wurzelkanalaufbereitung
Bildquelle: [Hellwig et al. 1999](#).

2.2.3.3 Ultraschall- und Schallvibrationssysteme

Ultraschallsysteme zur Aufbereitung und Reinigung des Wurzelkanals erzeugen mittels mechanischer oder piezokeramischer Schwinger hochfrequente Schwingungen im Bereich von 25 bis 40 kHz. Diese werden auf ein konventionelles Stahlinstrument geleitet und aktivieren es zu mechanischen Schwingungen. Der Effekt von Ultraschallsystemen beruht gleichzeitig auf dieser mechanischen Bewegung und einer physikalischen Aktivierung der Spülflüssigkeit im Wurzelkanal. Hierbei werden die Flüssigkeitspartikel um die schwingende Feile in schnelle Bewegung versetzt, was die Effektivität der Spülflüssigkeit steigert. Leider ist der Substanzabtrag bei diesem Verfahren suboptimal und nicht kontrolliert, so dass teilw. die Artefaktbildung (Teardrop- oder Ellbowformationen) größer als bei Handaufbereitung ist. Das System sollte daher nur zur Unterstützung einer konventionellen Aufbereitung verwendet werden [[Tepel 2000](#)].

Schallvibrationssysteme arbeiten mittels elektromechanischer oder pneumatisch antriebener Schwingssysteme in einem niedrigeren Frequenzbereich von 1500 bis 6500 Hz. Dies ermöglicht größere Amplituden für die Schwingungen der Instrumente, wodurch ein besserer und präziserer Substanzabtrag gewährleistet ist. Insbesondere die Verwendung von diamantierten Sonotroden ist für Spezialtechniken (z.B. Umgehung von abgebrochenen Instrumenten oder Dentikeln) hier von Vorteil.

Beide Verfahren sind zur alleinigen Aufbereitung nicht geeignet. Die Effizienz einer mechanischen Aufbereitung begleitenden Spülung kann durch die Verwendung solcher Systeme aber erheblich gesteigert werden. Somit haben diese Systeme nur unterstützenden Charakter [DGZ 2001, Kennedy et al. 1986].

2.2.4 Qualitätskriterien und Evaluationsverfahren für die Aufbereitung

Die Europäische Gesellschaft für Endodontologie nennt als Qualitätsrichtlinien für die Aufbereitung von Wurzelkanälen die folgende Ziele [Europäische Gesellschaft für Endodontologie 1994]:

1. Entfernung des Pulpagewebes
2. Entfernung von Debris
3. Eliminierung der Mikroorganismen
4. Eine adäquate Wurzelkanalfüllung nach optimaler Formgebung des Wurzelkanals

Der vierte Punkt der Qualitätsrichtlinien stellt folgende Anforderungen an eine Wurzelkanalaufbereitung [Europäische Gesellschaft für Endodontologie 1994]:

1. Der Wurzelkanal sollte von koronal nach apikal konisch verlaufen
2. Der Wurzelkanal sollte sich nach apikal verengen
3. Der präparierte Kanal sollte den ursprünglichen Kanal umschließen
4. Die endgültige Aufbereitungslänge soll mit der vorher festgelegten Arbeitslänge übereinstimmen

Die Wurzelkanalformgebung und Reinigungsqualität von Aufbereitungsmethoden wurden in der Regel in vitro durch transparente Wurzeln qualitativ beurteilt. Hierbei werden entweder extrahierte Zähne chemisch behandelt oder es werden künstliche Kanäle in Kunststoff aufbereitet. Die Beurteilung der Aufbereitungsqualität an der Kanalwand kann auch durch Rasterelektronenmikroskopie im Bruchpräparat erfolgen. Indirekt kann nach Wurzelfüllung mit radioopakem Material die Beurteilung auch im Röntgenbild erfolgen.

In früheren Untersuchungen zur Reinigungswirkung vor der Einführung der Nickel-Titan Legierungen wurden die maschinellen Aufbereitungssysteme im Vergleich zu manuellen Methoden nicht als überlegen bewertet [Beer 1993, Städtler&Arnetzl 1991, West et al.

1994]. Neuere Untersuchungen zeigen, dass eine rotierende maschinelle Aufbereitung zu einer glatteren Oberfläche der Kanalwände führt [Schäfer&Zapke 1999]. Bei der Formgebung werden rotierende Nickel-Titan-Instrumente deutlich besser bewertet als manuelle und maschinelle Instrumente aus Stahllegierungen [Buchanan 1996, Glosson et al. 1995, Schäfer&Lau 1999, Schäfer 1999, Schultz-Bongert 1999]. Nickel-Titan-Instrumente führen zu einer runden Kanalausformung, einer geringen apikalen Transportation und zur Aufrechthaltung der Aufbereitungslänge bis zur letzten Aufbereitungsgröße.

2.3 Methoden zur Wurzelkanalfüllung

Die Wurzelkanalfüllung erfolgt mit plastischen Füllmaterialien (sogen. Sealern), zumeist in Kombination mit Guttapercha. Es gibt laut eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden für die Wurzelkanalfüllung [Unverdorn et al. 1992], die sich jedoch im wesentlichen in folgende Gruppen einteilen lassen [Beer&Baumann 1997, Hellwig et al. 1999]:

1. Füllen ausschließlich mit Pasten/Zementen
2. Zentralstifttechnik
3. Laterale Kondensation kalter oder erwärmter Guttapercha
4. Vertikale Kondensation erwärmter Guttapercha
5. Thermoplastische Guttapercha auf einem harten Kern
6. Thermomechanische Kondensation
7. Thermoplastische Injektion

Diese Vielfalt ist darauf zurückzuführen, dass eine ausschließliche Füllung mit plastischen Materialien bislang aus technischen Gründen nicht mit Erfolg durchgeführt werden kann [Beer&Baumann 1997]. Auch die Kombination eines Sealers mit einem genormten Guttaperchastift ist nur dann Erfolg versprechend, wenn der Wurzelkanal mit einem kreisförmigen Querschnitt aufbereitet wurde. Da bei komplexen Kanalsystemen und bei Aufbereitungstechniken mit nicht normkonformen Instrumenten keine Kongruenz zwischen Wurzelkanal und Füllstift herzustellen ist, wird mittels einer Kondensationstechnik versucht, den Anteil an Guttapercha möglichst groß zu gestalten. Es wurde hierbei versucht, die etablierten Methoden wie die laterale Kondensation oder die vertikale Kondensation durch einfachere und rationellere Füllmethoden zu ersetzen.

2.3.1 Ziele der Wurzelkanalfüllung

Das Ziel der definitiven Wurzelkanalfüllung ist die dauerhafte, dreidimensionale, bakteriendichte und hermetische Obturation des aufbereiteten und gereinigten radikulären Pulpakavums zum Schutz des periradikulären Zahnhalteapparats und anatomisch angrenzender Strukturen [Schilder 1967]. Durch diese vollständige Wurzelkanalobturation wird jegliche Verschiebung von Flüssigkeiten bzw. Nährsubstrat unterbunden. Dies lässt

für die verbliebenen Bakterien keine Möglichkeit zur Vermehrung [[Kersten&Moorer 1989](#), [Wu et al. 1993](#)].

Ein ideales Wurzelfüllmaterial soll gemäß der Europäischen Gesellschaft für Endodontie die folgenden Eigenschaften erfüllen [[Europäische Gesellschaft für Endodontologie 1994](#)].

1. dimensionsstabil
2. biokompatibel
3. undurchlässig für Flüssigkeiten
4. bakteriostatisch und bakterizid
5. unlöslich in Gewebeflüssigkeiten
6. dichter Verschluss des gesamten Kanalsystems
7. gute Haftung an der Zahnhartsubstanz
8. radioopak
9. ausreichende Verarbeitungszeit
10. keine Verfärbung der Zahnhartsubstanz
11. aus dem Wurzelkanal entfernbar

Es wird eine Wurzelfüllung mit semiplastischem Füllmaterial in Kombination mit einem Wurzelkanalzement, dem sogenannten Sealer, bevorzugt. Dieser hat folgende Aufgaben zu erfüllen [[Europäische Gesellschaft für Endodontologie 1994](#)]:

1. Ausgleich von Unebenheiten und Herstellung einer dichten Verbindung zwischen semiplastischem Füllmaterial und Wurzelkanalwand
2. Dichter, lateraler Verschluss des Kanalsystems

Falls Füllungswerkstoffe eine medikamentöse Wirkung besitzen, lässt diese mit der Zeit nach. Aus diesem Grunde sind solche Füllungswerkstoffe unerwünscht und überflüssig [[Guldener&Langeland 1993](#), [Schäfer 2000](#)].

2.3.2 Materialien zur Wurzelkanalfüllung

Die Wurzelfüllung mit Guttaperchapoints in Kombination mit einem Sealer hat sich als bewährte Methode etabliert. Dies wurde in zahlreichen klinischen Studien untersucht [[Guldener&Langeland 1993](#)].

Gewonnen wird Guttapercha aus dem eingedickten Milchsaft des Isonandra-Gutta-Baumes [[Guldener&Langeland 1993](#)].

Die Zusammensetzung der Guttaperchapoints ist herstellerabhängig. Meistens bestehen Guttaperchapoints zu ca. 20% aus Natur-Guttapercha als Matrix, Zinkoxid als Füllstoff, kleinen Mengen von Wachsen oder Kunststoffen als Zusatz zur Erhöhung der Plastizität und aus Metallsulfate, wie z.B. Bariumsulfat, als Röntgenkontrastmittel.

In der Regel sind heute hergestellte Guttaperchapoints cadmiumfrei. Sie werden in allen ISO-Größen ab Größe 15 entsprechend den Aufbereitungsinstrumenten und in verschiedenen Typen angeboten.

Normalerweise liegt Guttapercha bei Raumtemperatur in der β -Form vor. Erhitzung bis zur Erweichung bei 65°C und anschließende Abkühlung lassen bei 42 bis 49°C die α -Form entstehen, die klebrig, fließfähig und für die Kondensation im Wurzelkanal zu weich ist [[Beer&Baumann 1997](#)].

Die Verwendung von Guttapercha-Stiften hat den Vorteil, dass die Länge der Wurzelfüllung vor der Wurzelfüllungsprozedur festgelegt wird und letztere somit erheblich erleichtert.

Die alleinige Verwendung von Guttapercha wurde in diversen Dichtigkeitsstudien schlechter bewertet als die Kombination aus einer erhärtenden Wurzelkanalfüllpaste und Guttapercha [[Hata&Kawazoe 1995](#), [Mannocci&Ferrari 1998](#), [Niss et al. 1998](#), [Oguntebi&Shen 1992](#)]. Diese Wurzelkanalfüllpaste wird als Wurzelkanalzement oder Sealer bezeichnet.

Ein Sealer hat folgende Aufgaben [[Europäische Gesellschaft für Endodontologie 1994](#)]:

1. Verschluss lateraler, akzessorischer Kanäle und offenliegender Dentintubuli
2. Ausgleich kleiner Unebenheiten entlang der Kanalwand
3. Herstellung einer dichten Verbindung zwischen Stift und Kanalwand

Eine medikamentöse Wirkung des Sealers ist überflüssig und unerwünscht. Ihrem Inhalt entsprechend sind Sealer in folgende Gruppen zu unterteilen:

1. auf Zinkoxid-Eugenol-Basis
2. auf Kunstharz-Basis
3. auf Kalziumhydroxid-Basis
4. Glasionomerzemente

Zu den bekanntesten und etablierten Präparaten auf Kunstharz-Basis zählt AH26. AH26 ist ein Epoxidharz, das nach dem Mischen mit einem Aktivator sehr langsam erhärtet. Dieses Präparat wurde in der vorliegenden Studie angewandt.

Eine alleinige Verwendung von Guttapercha ist somit nicht ausreichend, um einen dichten und hermetischen Verschluss des Wurzelkanals zu erreichen. Ein hermetischer Wurzelkanalverschluss wird durch Unterbinden von Flüssigkeitsverschiebungen innerhalb des Kanalsystems erzielt [Schilder 1967]. Dies ist nur bei der Kombination Sealer/Guttapercha möglich.

Die ISO-Norm 6877, welche die Größen und Toleranzen von Guttaperchastiften regelt, erlaubt Toleranzen von $\pm 0,05$ mm [Krammer&Schlepper 1992]. Dieses bedeutet im Zusammenhang mit der Norm für die Aufbereitungsinstrumente eine mögliche Divergenz im Durchmesser von 0,07 mm. Das bedeutet, dass der Guttapercha-Stift auch bei Normkonformität entweder nicht die gewünschte Arbeitslänge erreicht oder einen Spielraum hat. Es ist daher unumgänglich, bei allen Verfahren, die auf einem Masterpoint beruhen, diesen individuell anzupassen und ggf. durch eine Röntgenaufnahme zu kontrollieren.

2.3.3 Wurzelkanalfülltechniken

2.3.3.1 Zentralstifttechnik

Bei der Zentralstifttechnik wird für jeden aufbereiteten Wurzelkanal ein Stift in Stärke und Konizität des zuletzt eingesetzten Aufbereitungsinstrumentes verwendet [Guldener&Langeland 1993, Hantusch&Binus 1990, Heidemann 1989, Pecchioni et al. 1982]. Dieser Stift kann aus Guttapercha, Kunststoff oder einem Metall angefertigt sein und wird in Kombination mit einem Sealer so in den Kanal eingebracht, dass der gesamte Raum dicht gefüllt ist. Die Bereiche des Kanals, bei denen der Stift nicht randständig ist, sollen vom Sealer aufgefüllt werden. Dies führt insbesondere bei Wurzelkanälen mit einem ovalen Querschnitt zu einem ungünstigen Volumenverhältnis zwischen Guttapercha und Sealer. Das Verhältnis zwischen Guttapercha und Sealer sollte bei einer Wurzelfüllung mindestens 90% zur Gunsten der Guttapercha betragen [Beer 1993]. Selbst bei optimalen Wurzelkanalaufbereitung, also einer dem Aufbereitungsinstrument entsprechenden Wurzelkanalkonfiguration, kommt es aufgrund der Herstellungstoleranz der Wurzelkanalinstrumente und der Guttapercha-Stiften zu Größenabweichung, die sich auf

die Proportion zwischen Guttapercha und Sealer negativ auswirken [Beer 1992, Beer&Gängler 1986, Barthel et al 1994].

Verschiedene Autoren, die einen apikalen Verschluss des Kanalsystems für ausreichend betrachten, bevorzugen die Zentralstifttechnik [Schürmann&Rotgans 1993]. Aufgrund der oben genannten Gründe wird von zahlreichen Autoren jedoch die Anwendung einer Kondensationstechnik empfohlen [Beer 1993, Mannocci&Ferrari 1998, Nguyen 1994].

Diese Zentralstifttechnik bietet gegenüber den Kondensationsverfahren einen Zeitvorteil, ist aber indikationsbeschränkt [Al-Khatar et al. 1999].

2.3.3.2 Kalte laterale Kondensation

Das Ziel der lateralen Kondensation ist es, den Wurzelkanal vollständig mit einem hohen Anteil an Guttapercha und möglichst wenig Sealer dicht zu füllen. Bei der lateralen Kondensation wird zuerst ein Hauptstift in der Größe des zuletzt eingesetzten Aufbereitungsinstruments mit einem Sealer beschickt bis auf Arbeitslänge in den Wurzelkanal eingeführt [Guldener&Langeland 1993, Weine 1995]. Mit einem Spreizinstrument, dem so genannten Spreader (Fingerspreader oder Fingerspreizer), wird der Guttapercha-Stift durch Kaltverformung an die Kanalwand kondensiert. Nach dieser Kondensation wird ein mit Sealer beschickter, dem Spreader in Form und Größe entsprechender Guttapercha-Stift (sogen. akzessorischer Guttaperchastift) in den entstehenden freien Raum nachgeschoben (Abb. 2.10).

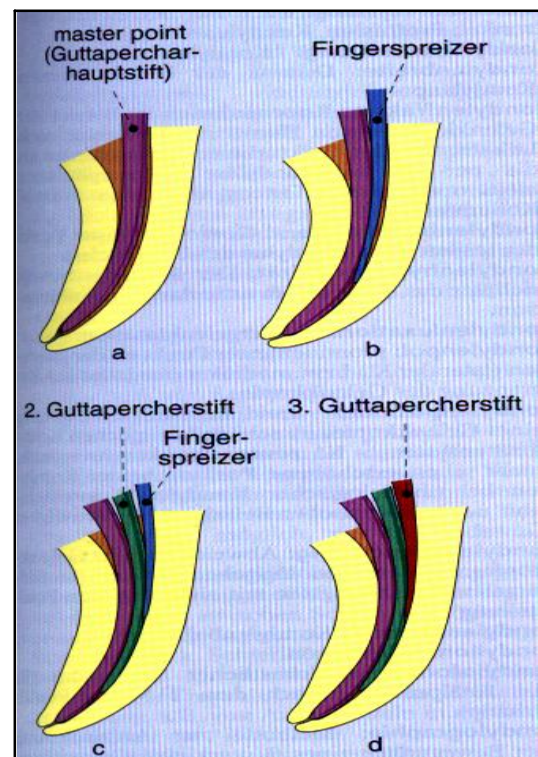


Abb. 2.10: Kalte laterale Kondensation
Bildquelle: Hellwig et al. 1999.

- a) Einbringen des Masterpoints
- b) Kondensation mit Spreader
- c) & d) Einbringen von weiteren akzessorischen Stiften

Weitere akzessorische Stifte werden so lange nachgeschoben, bis der Spreader auch mit Krafteinsatz nicht tiefer als bis ins obere Drittel des Kanals eingebracht werden kann.

Spreader sind glattwandige konische Instrumente und entsprechen in ihren Konizitäten und Durchmessern den Aufbereitungsinstrumenten. Mit dem spitz zulaufenden Arbeitsende soll ein leichteres Eindringen zwischen Kanalwand und Guttapercha ermöglicht werden (Abb. 2.11).



Abb. 2.11: Spreader mit konventioneller Spitze im REM (12x)

Die laterale Kondensation wird im europäischen Raum als Standardmethode betrachtet, auch wenn einzelne in-vitro Studien zeigen, dass die so erzeugten Wurzelfüllungen inhomogen sind. Die gefundenen Inhomogenitäten nehmen von apikal nach koronal zu [Beatty et al. 1989, Unverdorn et al. 1992].

Bei anderen in-vitro Studien stellte sich heraus, dass die Penetration von Flüssigkeiten in wurzelgefüllten Kanälen nach lateraler Kondensation im Vergleich mit anderen Methoden geringer war [Barthel et al. 1994, Beer&Gängler 1986, Hülsmann& Meiert 1994].

Die Überlegung ob durch die Anwendung von thermoplastifizierenden Techniken Details der Wurzelkanalanatomie besser abfüllbar sind, wird insbes. im angelsächsischen Sprachraum sehr Kontrovers diskutiert [Weine 1996, Wine 1997]. Es zeichnet sich in der

Literatur ab, dass je nach Indikation, beide Techniken als gleichwertig zu betrachten sind [[Schilder 1967](#), [Weine 1995](#)].

2.3.3.3 Warme laterale Kondensation

Die warme laterale Kondensation erfolgt analog zur oben beschriebenen kalten lateralen Kondensation, wobei durch milde Erwärmen des Spreaders versucht wird, den Guttapercha-Stift nicht nur kalt zu verformen, sondern warm an das Kanallumen zu adaptieren. Eine Variante dieses Verfahrens stellt das Endotec-System dar, das den Spreader mit Hilfe eines batteriebetriebenen Handstückes erwärmt [[Unverdorn et al. 1992](#)].

2.3.3.4 Laterale Kondensation mit modifiziertem Spreader (Typ "flat tip")

Während die mechanische Wirkung eines konventionellen Spreaders durch den Keileffekt nach lateral gerichtet ist, ist eine Modifikation des Instrumentes so denkbar, dass die Spitze wie ein Planstopfer zusätzlich nach unten kondensiert (Abb. 2.13). Das Instrumentendesign geht auf einen Vorschlag von [Weine](#) [[Weine, persönl. Mitteilung](#)] zurück und wurde teilweise bei Instrumenten der Firma Maillefer (Spreader, "flat tip") umgesetzt.

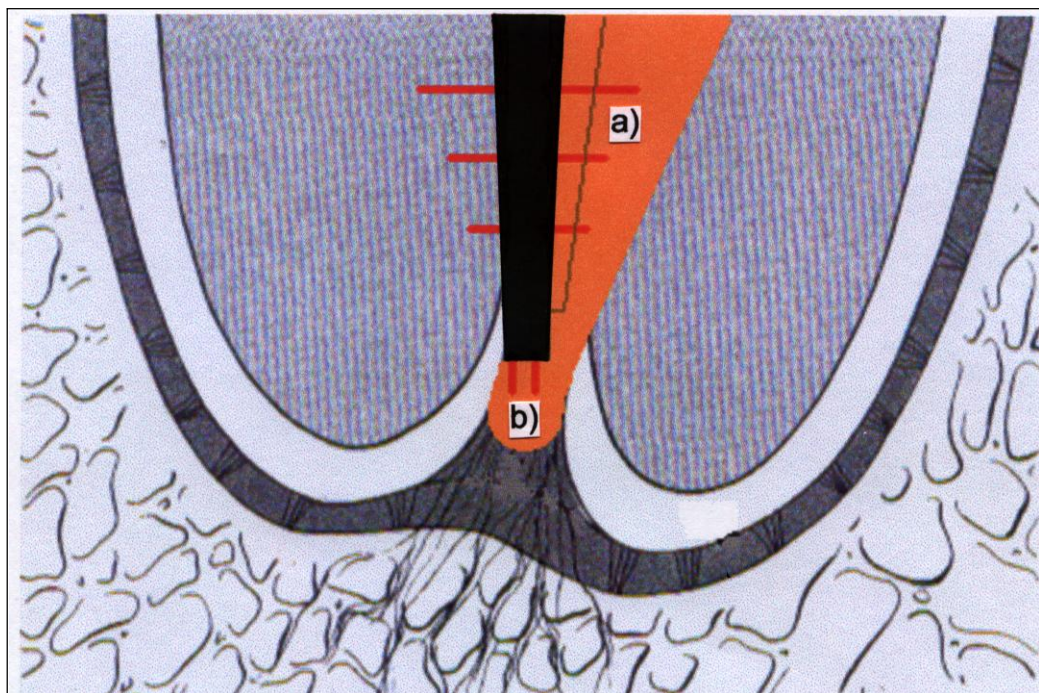


Abb. 2.12: Spreader mit modifizierter Spitze "flat tip". Laterovertikale Kondensation.
a) nach lateral wirkende Kondensationskraft
b) nach apikal wirkende Kondensationskraft

2.3.4 Qualitätskriterien für Wurzelfüllmethoden

Qualitätskriterien für Wurzelkanalfüllungen zielen sowohl auf das gewünschte Ergebnis, als auch auf Methoden, dieses zu verifizieren, sprich sie sind stets auch methodisch orientiert. Grundsätzlich sind Qualitätskriterien für in-vivo und in-vitro Untersuchungen zu unterscheiden.

2.3.4.1 In-vivo Qualitätskriterien

Für eine In-vivo-Qualitätskontrolle kann die Wurzelfüllung nur röntgenologisch untersucht werden. Da es unmöglich ist, die Wurzelfüllungsqualität dreidimensional zu beurteilen, stellt sich als ein objektives Kriterium der Reossifikationsprozess im periapikalem Bereich des wurzelgefüllten Zahnes dar. Die mittelfristige, bzw. langfristige klinische Beschwerdefreiheit ist als ein weiterer subjektiver Qualitätsfaktor anzusehen [Europäische Gesellschaft für Endodontologie 1994, Fritz&Wichmann 1991, Klimek et al. 1995].

2.3.4.2 In-vitro Qualitätskontrolle

Für in-vitro-Untersuchungen werden andere Kriterien angewendet. Neben röntgenologischen Kriterien wie z.B. Imperfektionen und Wandständigkeit gilt die Dichtigkeit gegen das Eindringen von Substanzen gemeinhin als das Hauptkriterium für die Qualität einer in-vitro durchgeführten Wurzelkanalfüllung [Barthel et al. 1994, Beer&Gängler 1986, Buchalla et al. 1999, Hata&Kawazoe 1995, Lutz 1985, Wu et al. 1994]. Als Dichtigkeit wird ein hermetischer Verschluss des Wurzelkanalsystems bezeichnet, was als einer der Hauptfaktoren für den Erfolg einer Wurzelfüllung angesehen wird [Wu&Wesselink 1993]. Dies ist der Fall, wenn „Flüssigkeiten, Bakterien und Luft nicht mehr in das gefüllte Wurzelkanalsystem penetrieren können“ [Schilder 1967]. Autoren die z.B. die Randständigkeit lichtmikroskopisch bewerten, assoziieren diese mit der Dichtigkeit, da sie zur Darstellung der Randständigkeit Farbstoffe penetrieren lassen [Al-Khatat et al. 1999, Beer et al. 1987, Schürmann&Rotgans 1993].

Der Penetrationstest kann passiv und aktiv erfolgen. Passive Verfahren basieren auf Penetration unter atmosphärischen Druck. Aktive Verfahren erfolgen durch Vakuum oder bei Überdruck [Dalat&Spangberg 1994, Petschelt et al. 1987]. Als Penetrationsindikatoren dienen in der Regel Farbstoffe, wie z.B. Fuchsinlösung oder Methylenblau, Bakterien und Radioisotope [Ahlberg et al. 1995].

Als Kriterium für die Undichtigkeit gilt entweder die Menge an eingedrunenem Indikator oder das Volumen des die Wurzelkanalfüllung durchflossenen Indikators [Wu et al. 1997]. Die Menge an eingedrunenem Indikator wird entweder semiquantitativ als Penetrationstiefe, oder quantitativ als Produkt aus Penetrationstiefe und Penetrationsgrad angegeben [Barthel et al. 1994, Wu&Wesselink 1993].

2.4 Methodik von bisher durchgeführten Untersuchungen

2.4.1 Auswahl der Proben

In der Regel werden in-vitro Dichtigkeitsuntersuchungen an extrahierten menschlichen Zähnen durchgeführt [Georgopoulou et al. 1995, Holland et al. 1996, Hülsmann&Meiert 1994].

Um aussagekräftige Ergebnisse aus solchen Studien abzuleiten, sollten die Proben in allen Untersuchungsgruppen unter gleichen anatomischen Gesichtspunkten ausgewählt werden [Wu&Wesselink 1993]. Dies gilt für die Faktoren Wurzellänge, Wurzelkonfiguration, apikale Konstriktion und Zahngruppe. Üblich ist die Verwendung von geraden menschlichen Zahnwurzeln oder solchen einer bestimmten Gattung [Barthel et al. 1994].

2.4.2 Art der Aufbereitung

Die meisten Autoren suchen die Aufbereitung für alle Proben zu standardisieren [Attin et al. 1994, Dalat&Spangberg 1994, Veis 1994]. Nur wenige Autoren berücksichtigen den Einfluss verschiedenener Aufbereitungsmethoden auf die Wurzelfüllungsichtigkeit [Unverdorn et al. 1992, Hannig 2003].

2.4.3 Verwendete Indikatoren

Die Wurzelfüllungsichtigkeit wird durch das Maß des penetrierten Indikators in der Fuge zwischen Kanalwand und Wurzelfüllung durch die apikale Konstriktion bestimmt.

Dabei können prinzipiell alle Stoffe verwendet werden, die nicht mit der Wurzelfüllung interagieren. Hierzu zählen Mikroorganismen [Michailesco et al. 1996], radioaktive Isotope [Kersten&Moorer 1989] und Farbstoffe [Ahlberg et al. 1995, Barthel et al. 1994], die entweder aktiv [Petschelt et al. 1987] oder passiv [Wu et al. 1993, Wu&Wesselink 1993] in die Proben penetrieren. Der Hauptunterschied der Indikatoren liegt in ihrer

unterschiedlichen Größe. Die meisten Indikatoren weisen eine wesentlich kleinere Partikelgröße auf, als die bei endodontischen Misserfolgen ursächlichen Mikroorganismen. Ob diese Mikroorganismen selbst oder nur deren Toxine ursächlich für einen Misserfolg sind, ist derzeit noch unklar [Goldman et al. 1989, Kersten&Moorer 1989, Wu et al. 1994]. Aufgrund der Einfachheit des Nachweises werden heute weitgehend Farbstoffe bevorzugt. Einige Autoren unterstützen entweder mit Hilfe von Unterdruck oder Überdruck die Penetration des Indikators in die Probe. Ob es sinnvoll ist, die Farbstoffpenetration aktiv zu unterstützen, ist zur Zeit noch nicht geklärt [Goldman et al. 1989, Masters et al. 1995, Oliver&Abbott 1991, Pathomvanich&Edmunds 1994, Roda&Gutmann 1995, Wu et al. 1994].

Eine Interaktion zwischen dem Wurzelfüllungsmaterial, der Wurzelkanalwand und dem Indikator muss unbedingt vermieden werden. Die Kombination eines Sealers auf Calciumhydroxidbasis mit Methylenblau ist zum Beispiel ungünstig, da das Calciumhydroxid Methylenblaulösung entfärbt. Hierdurch würde das Ausmaß der Penetration als zu niedrig gemessen [Kontakiotis et al. 1997].

Um ein gleichmäßiges Eindringen von Flüssigkeit in alle Wurzelkanäle zu ermöglichen, wird von einigen Autoren vor der Wurzelfüllung eine Perforation der apikalen Foramina vorgenommen. Dies soll sicherstellen, dass die der Penetration ausgesetzte Fläche der Wurzelfüllung ein bestimmtes Mindestmaß nicht unterschreitet. Der Durchmesser an der engsten Stelle eines Wurzelkanals, dem Foramen physiologicum, beträgt in der Regel 0,15 bis 0,25 mm. Mit zunehmendem Alter obliteriert diese Konstriktion. Mit einem Handinstrument wird daher üblicherweise die Gängigkeit der Konstriktion überprüft oder hergestellt [Barthel et al. 1994, Niss et al. 1996].

2.4.4 Nachweis der Indikatoren

Der Nachweis der Menge an penetriertem Indikator kann entweder durch die Menge an Indikator innerhalb der Zahnwurzel oder über die verbleibende, nicht penetrierte, Indikatormenge bestimmt werden.

Bei der Beurteilung der Indikatorenmenge im Wurzelkanal müssen die Proben längst oder quer gesägt werden. Ein weiteres Verfahren ist das so genannte Clearing-Verfahren. Bei dieser Methode werden die Proben durch Entwässerung und Entkalkung durchsichtig gemacht, was den Indikatorennachweis möglich macht [Buchalla et al. 1999, Niss et al. 1996].

Bei längs gesägten Proben besteht die Gefahr, dass die Proben nicht in der maximalen Penetrationsebene dargestellt werden. Weiterhin können keine Aussagen getroffen werden, ob die Penetration zirkulär oder linienförmig verläuft. Im Gegensatz zu längs gesägten Proben liefern quer gesägte Proben nicht nur Daten über die Penetrationstiefe, sondern auch über den Penetrationsgrad [Barthel et al. 1994]. Zusätzlich kann die Größe des Spaltraums zwischen Kanalwand und Wurzelfüllung beurteilt werden.

Alle diese erhobenen Daten führen letztendlich nicht nur zur semiquantitativen Analyse, wie es bei längs gesägten Proben der Fall ist, sondern auch zur quantitative Analyse [Wu&Wesselink 1993].

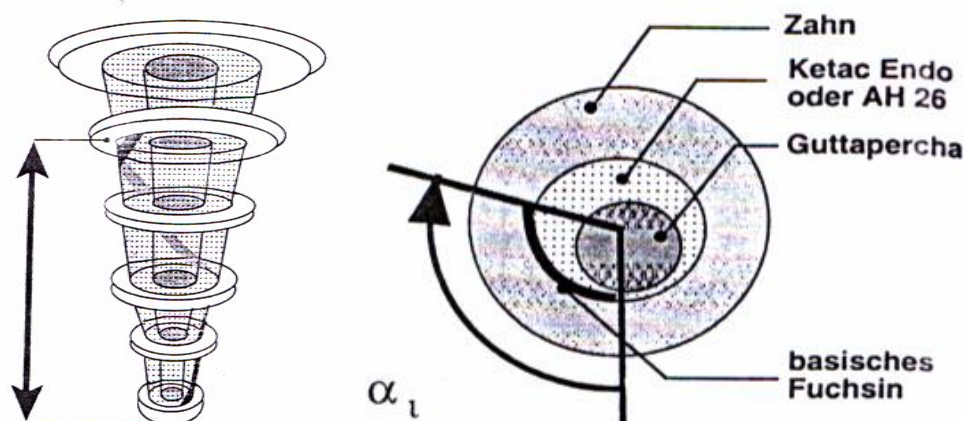


Abb. 2.13: Darstellung von Penetrationstiefe (links) und Penetrationsgrad (rechts) beim Verfahren der seriellen Querschnitte.

Bildquelle: Barthel et al. 1994

- a) Gemessen wird für die Penetrationstiefe bis zum letzten penetrierten Querschnitt
- b) Gemessen wird für den Penetrationsgrad der prozentuale Anteil des penetrierten Füllungsumfanges (bei kreisförmigen Füllungsquerschnitten über den penetrierten Winkel zu berechnen).

2.5 Ergebnisse zur Fragestellung

Vergleichende Ergebnisse zur Wurzelfüllungsichtigkeit mittels lateraler Kondensation bei unterschiedlicher Spreadergeometrie liegen bisher nicht vor. Eine tiefere Kondensation mit einem Plugger (Planstopfer) führt zu signifikant dichteren Wurzelfüllungen [Yared et al. 1992]. Dabei wird die Wurzelfüllung auch vertikal kondensiert. Die klassische vertikale Kondensation nach Schilder [Schilder 1967] führt jedoch im Vergleich zur lateralen Kondensation in der Regel nicht zu besseren Ergebnissen [Beer&Gängler 1986, Dalat&Spangberg 1994, Hülsmann&Meiert 1994].

Darüber hinaus liegen Ergebnisse zum Einfluss der Aufbereitungstaper auf die Dichtigkeit von Wurzelfüllungen nur in sehr begrenztem Umfang vor. So konnte für die Dichtigkeit nach lateraler Kondensation in konventionell und mittels Step Back Technik aufbereiteten Wurzelkanälen keine signifikanten Unterschiede gefunden werden [Unverdorn et al. 1992]. Als relevanter Faktor für die apikale Dichtigkeit konnte bei der lateralen Kondensation die Eindringtiefe der verwendeten Spreader festgestellt werden [Allison et al. 1974]. Die Eindringtiefe eines Spreaders wird aber auch in Zusammenhang mit der Form und der Größe der Wurzelkanalaufbereitung gebracht [Hannig 2003]. Hier scheinen größere Aufbereitungstaper als der ISO-konforme Standardkonus hilfreich zu sein.

3 Zielsetzung

Ziel der geplanten Studie ist es, den Einfluss von zwei verschiedenen Bauformen von Fingerspreadern auf die Dichtigkeit von Wurzelfüllungen vergleichend zu bewerten.

Untersucht werden sollen die laterale Kondensation mittels klassischem Fingerspreader mit spitzem Arbeitsende (Typ „Pointed“) bei den Aufbereitungskonizitäten 2% und 4% und die laterale Kondensation mittels eines modifizierten Fingerspreaders mit abgeflachter Spitze (Typ „Flat Tip“), mit den Aufbereitungskonizitäten 2% und 4%. Als negative Kontrollgruppe werden Wurzelfüllungen mittels Zentralstifttechnik ohne Sealer verwendet.

Zur Evaluation der geplanten Verfahren dienen die quantitative Bestimmung der Dichtigkeit mittels Penetration von Methylenblau und die lichtmikroskopische Beurteilung der Wurzelfüllungen auf Porositäten innerhalb der Wurzelfüllung.

Folgende Nullhypothesen sollen mittels geeigneten statistischen Verfahren überprüft werden:

- Mittels der gewählten Evaluationsverfahren kann kein Unterschied zwischen den Prüfgruppen und der negativen Kontrollgruppe ermittelt werden.
- Die Dichtigkeit von Wurzelkanalfüllungen nach lateraler Kondensation mit einem Fingerspreader vom Typ „Flat Tip“ unterscheidet sich nicht signifikant von derjenigen nach lateraler Kondensation mit dem konventionellen Fingerspreader vom Typ „Pointed“.
- Die Dichtigkeit von Wurzelkanalfüllungen mittels lateraler Kondensation ist von der Aufbereitungskonizität unabhängig.

4 Materialien und Methoden

4.1 Übersicht und Einteilung der Versuchsgruppen

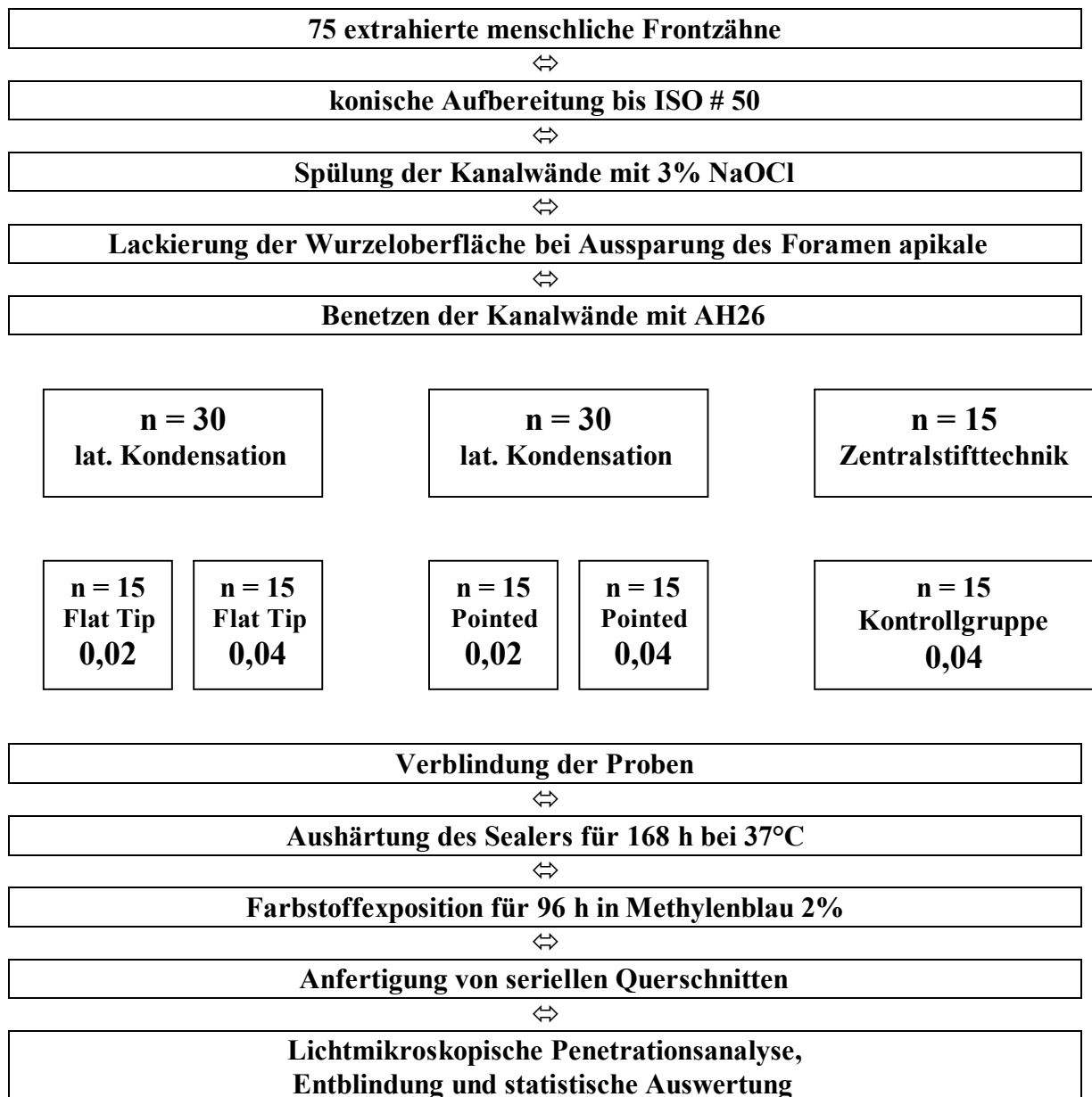


Abb. 4.1: Schematische Darstellung des Versuchsablaufs

Durch Kombination der beiden Aufbereitungstaper mit den beiden Spreadertypen ergibt sich eine 4-Feldertafel mit zusätzlicher Kontrollgruppe (Tab. 4.1). Für die Kontrollgruppe wurde nur der Normtaper 0,02 verwendet. Als Gruppengröße wurde ein n von jeweils 15 festgelegt.

Methode	Konizität		
	0,02	0,04	Σ
Laterale Kondensation Gutta-Percha + Sealer Finger Spreader “flat tip”	15 Kanäle	15 Kanäle	30
Laterale Kondensation Gutta-Percha + Sealer Finger Spreader “pointed”	15 Kanäle	15 Kanäle	30
Negative Kontrollgruppe Gutta-Percha ohne Sealer Zentralstifttechnik	15 Kanäle		15
			75

Tab. 4.1: Einteilung der Versuchsgruppen.

4.2 Probenherstellung

4.2.1 Auswahl der Zähne

Für die Studie wurden extrahierte menschliche Zähne mit geraden Wurzeln ausgewählt. Die Zähne wurden in der Abteilung für Kieferchirurgie am MZ für ZMK der Philipps-Universität Marburg und umliegenden zahnärztlichen und kieferchirurgischen Praxen gesammelt und waren zum Versuchsbeginn nicht älter als 6 Wochen. Weitere Auswahlkriterien waren ein abgeschlossenes Wurzelwachstum, ein kariesfreier Wurzelbereich und das Fehlen einer endodontischen Vorbehandlung.

Die Zähne wurden nach Extraktion bis zum Zeitpunkt des Versuchsbeginns bei Raumtemperatur in gesättigter Thymollösung ([Mat. #1](#)) gelagert. Hierin wurden sie weiter während der gesamten Versuchsdauer bis zum Einbetten der Proben aufbewahrt.

4.2.2 Vorbereitung der Zähne

Die Zähne wurden zunächst mittels eines Ultraschall-Zahnreinigungsgerätes (Mat. #2), eines Hand-Scalers (Mat. #3) und eines Skalpells (Mat. #4) von Zahnstein, subgingivalen Konkrementen und Gewebsresten befreit. Anschließend wurden die Wurzeln im Bereich der Schmelz-Zementgrenze von der Krone abgetrennt. Hierbei wurden Wurzeln mit einer Länge unter 10 mm verworfen. 75 Zähne wurden entsprechend vorbereitet, und zufällig in 5 Gruppen mit je 15 Proben aufgeteilt.

4.2.3 Aufbereiten der Wurzelkanäle

Je nach Aufbereitungskonus wurden die Wurzeln nun mit maschinell getriebenen, rotierenden Nickel-Titan-Instrumenten von Typ ProFile der Größen 02/50 und 04/50 (Mat. #5) aufbereitet. Da der Spitzendurchmesser der Profiles nicht exakt den ISO-Vorgaben entspricht, wurden alle Wurzeln mit einem Reamer der ISO-Größe #50 (Mat. #6) bis zum Apex revidiert. Während der Aufbereitung wurde sichergestellt, dass das Foramen apikalen stets gängig blieb. Dies wurde durch Sondierung mit einem Reamer der ISO-Größe #10 (Mat. #6) verifiziert.

Bei allen fünf Untersuchungsgruppen erfolgte während der Aufbereitung eine Spülung mit 3% Natriumhypochlorid (Mat. #7).

Zur Überbrückung des Zeitraums zwischen der Aufbereitung und der Wurzelfüllung wurden die Proben in gesättigter Thymollösung (Mat.#1) bei Raumtemperatur gelagert.

4.2.4 Vorbereitung der Spreader

Für die Wurzelfüllungen wurden konventionelle Fingerspreader der Größe ISO #30 verwendet. Die handelsüblichen Spreader sind ab Werk mit einem spitzen Arbeitsende versehen (Mat.#8). Für die Versuchsgruppen mit modifizierter Spreaderdesign wurden 10 Instrumente vom Hersteller um 0.5 mm gekürzt, so dass die Spitze zwar noch einen konischen Anteil aufweist, gleichzeitig das Arbeitsende aber im Sinne eines Planstopfers abgeflacht ist. Einen rasterelektronenmikroskopischen Vergleich von konventionellem und modifiziertem Arbeitsende zeigt Abb. 4.2.

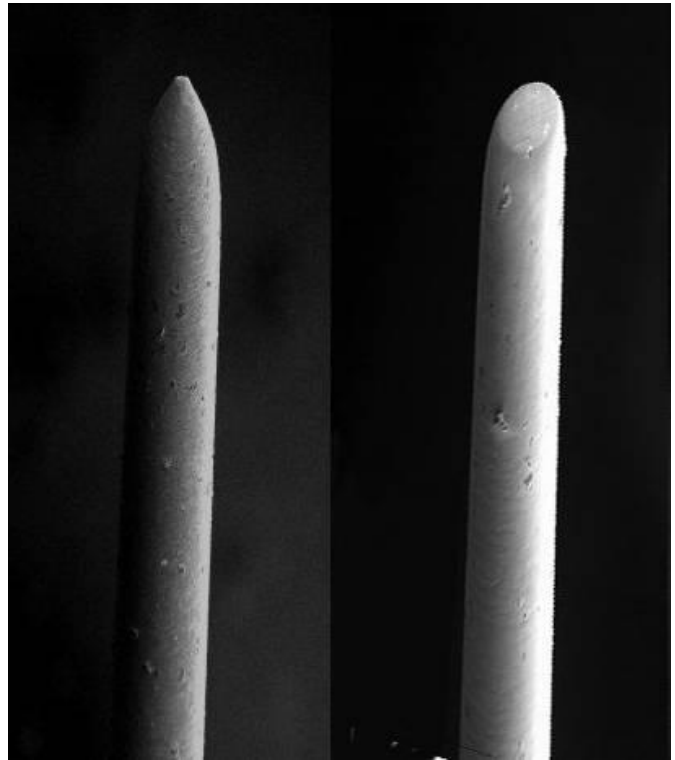


Abb. 4.2: Spreader im REM (12x)

links: konventionell
Typ "pointed"

rechts: gekürzt
Typ "flat tip"

4.2.5 Wurzelkanalfüllung

Vor der Wurzelfüllung wurden alle Proben nacheinander aus der Thymollösung entnommen, gründlich unter fließenden Wasser abgespült und mit Druckluft und Papierspitzen ([Mat. #9](#)) getrocknet.

4.2.5.1 Wurzelfüllung der Kontrollgruppe

Die 15 Proben wurden mit einem Guttapercha-Stift der ISO Größe 50 ([Mat. #10](#)) ohne Anwendung eines Sealers oder einer Kondensationstechnik abgefüllt. Hierbei wurde auf einen guten Sitz des Guttaperchastiftes geachtet.

4.2.5.2 Wurzelfüllung der Prüfgruppen

Ein Guttapercha-Stift der ISO Größe #50 (Mat. #10) wurde als Masterpoint so angepasst, dass ein guter Sitz gewährleistet war. Anschließend wurde die Kanalwand dünn mit dem Sealer AH-Plus (Mat. #11) unter Zuhilfenahme einer Papierspitze (Mat. #9) benetzt. Nach Applikation des sealerbenetzten Masterpoints wurde eine laterale Kondensation mit dem je nach Prüfgruppe entsprechenden Fingerspreader ("flat tip" oder "pointed") (Mat. #8) durchgeführt. Hierzu wurden akzessorische Guttaperchapoints der Größe ISO #25 nachgeschoben. Für die initiale Kondensation wurde auf eine Eindringtiefe des Spreaders bis auf 2-3 mm vor Apex geachtet.

4.2.6 Farbstoffpenetration und Verblindung

Die wurzelgefüllten Proben wurden nun an den cervikalen Trepanationskavitäten mit Cavit W (Mat. #12) verschlossen und bis auf 1 mm zirkulär um den Apex zweimal mit schwarzem Nagellack (Mat. #13) eingepinselt.

Um ein vollständiges Aushärten des Sealers zu ermöglichen, wurden alle Proben für sieben Tagen bei 100% Luftfeuchtigkeit und 37°C gelagert. Danach erfolgte ein Farbstoffpenetrationstest durch die Lagerung der Proben in einer wässrigen 2% Methylenblaulösung (Mat. # 14) für vier Tage.

Im Anschluss an die Farbstoffpenetration wurde allen Proben durch den Versuchsleiter (Dr. Stoll) per Zufall eine Probennummer zugeteilt. Die weitere Probenbehandlung erfolgte nun verblindet. Eine Entschlüsselungsliste verblieb bis zur Entblindung der Proben beim Versuchsleiter.

4.2.7 Einbettung der Proben und Herstellung der Querschnitte

Nach Entfernung der anhaftenden Farbe unter fließendem Wasser wurden die Proben mit Hilfe einer Silikonform (Mat. #15) zu viert in ein durchsichtiges Kaltpolymerisat (Mat.#16) eingebettet (Abb. 4.3).



Abb. 4.3: Eingebettete Proben mit Probennummer

Dabei wurde auf die exakte Platzierung des Apex am unteren Rand der Silikonform geachtet. Dieser dient bei der Erstellung der Querschnitte als Ausgangspunkt.

Mit Hilfe des Exakt Trennsystems (Mat. #17) wurden die Proben im Abstand von 1 mm; 1,8 mm; 2,6 mm; 3,4 mm; 4,2 mm und 5,0 mm ab Apex quer geschnitten (Abb. 4.4 und Abb. 4.5).

Je drei Querschnitte wurden auf einen Glasträger aufgebracht und mit einem Sekundenkleber fixiert (Abb. 4.6).



Abb. 4.4: Exakt Trennsystem mit wassergekühlter Diamant-Bandsäge.

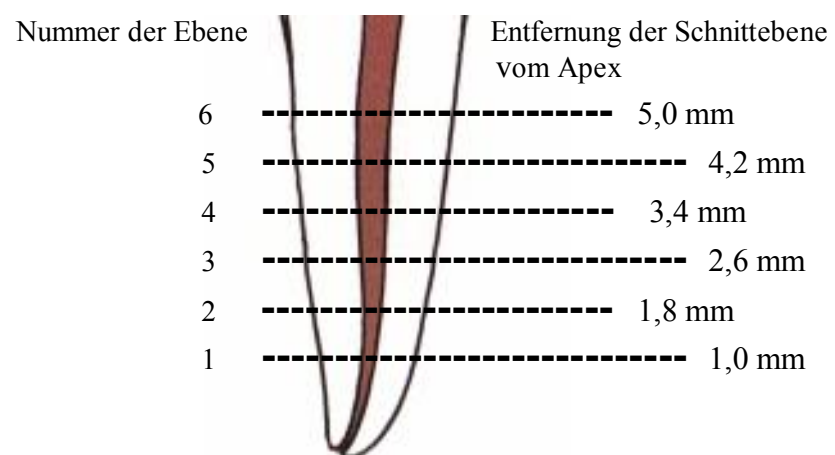


Abb. 4.5: Lage der seriellen Querschnitte

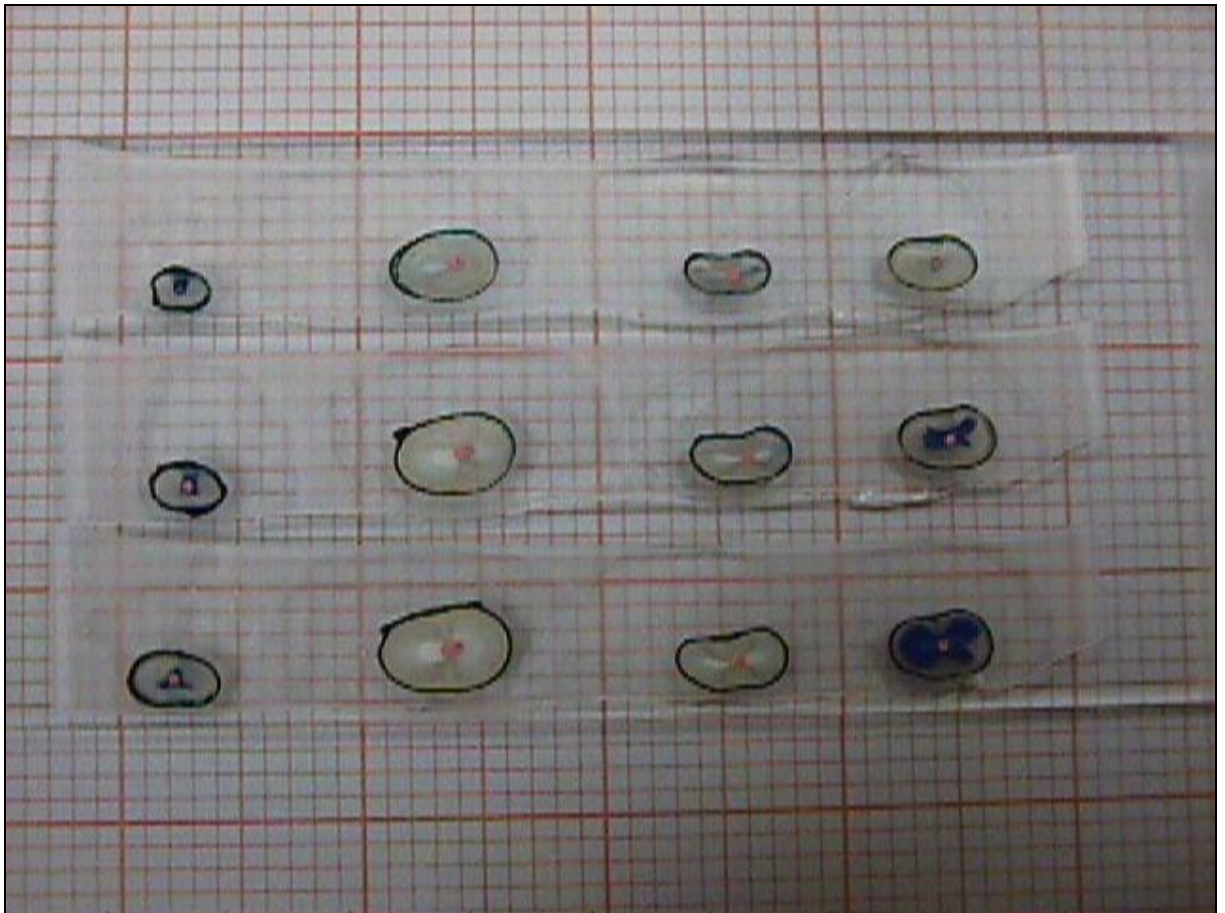


Abb. 4.6: Auf Glasträgern fixierte serielle Querschnitte

4.3 Auflichtmikroskopische Beurteilung der Schnitte

Die Querschnitte wurden mit Hilfe einer CCD Kamera ([Mat. #18](#)) und eines Auflichtmikroskops ([Mat. #19](#)) digitalisiert. Die Auswertung erfolgte mit dem Programm „UTHSCSA Image Tool“ Version 2,0 ([Mat. #20](#)) der Universität Texas in einer Windows XP Umgebung.

Die Proben wurden hinsichtlich folgender Kriterien beurteilt:

- Penetrationstiefe
- Penetrationsgrad
- Porositäten
- Wurzelfrakturen

4.3.1 Penetrationsgrad

Der Penetrationsgrad in jeder Schnittebene beschreibt, wie viel Prozent vom Umfang der Wurzelkanalfüllung mit Farbstoff penetriert sind (siehe Abb. 4.7).

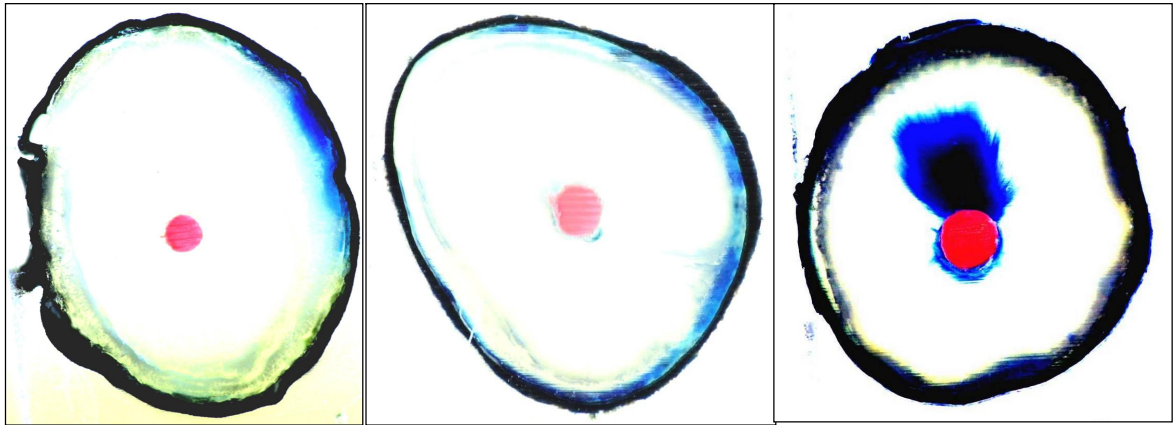


Abb. 4.7: Penetrationsgrad. Links 0%, Mitte 6%, Rechts 100%

4.3.2 Penetrationstiefe

Für die Bestimmung der Penetrationstiefe wurden alle Schnitte ab Apex auf Penetration beurteilt. Gewertet wurde die Lage des letzten penetrierten Serienschnittes.

4.3.3 Porositäten

Hierfür wurde qualitativ das Vorkommen und die Größe von Porositäten bestimmt, wobei Porositäten bis 50 µm als klein eingestuft wurden (siehe Abb. 4.8).

4.3.4 Wurzelfrakturen

Dieses Kriterium beschreibt qualitativ das Vorkommen von Wurzelfrakturen, die evtl. auf die vorausgegangene laterale Kondensation zurückgeführt werden können (siehe Abb. 4.8). Als stark werden hier Frakturen mit sichtbarer Penetration aufgeführt.

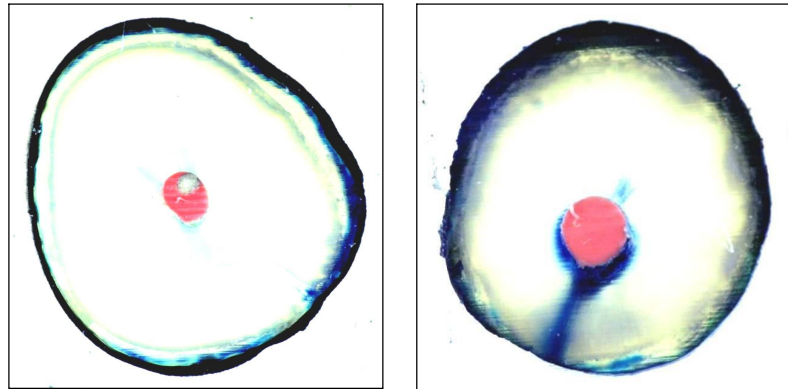


Abb. 4.8: Links Porositäten (Grad 2), rechts eine Längsfraktur (Grad 2)

4.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Daten wurde mit dem Programm SPSS 11.5 vorgenommen ([Mat. #21](#)). Die deskriptive Auswertung erfolgt als Boxplot mit Median und Quartilangaben.

Zur Überprüfung der Verteilungseigenschaften wurde der Test auf Normalverteilung von Kolmogoroff-Smirnov auf einem Signifikanzniveau $p = 0,05$ verwendet. Die Überprüfung auf Varianzhomogenität erfolgte mit dem Levene-Test auf einem Signifikanzniveau von $p = 0,05$.

Für die vergleichende Auswertung der Gruppen wurden entweder die einfache Varianzanalyse oder verteilungsfreie Verfahren (H-Test nach Kruskal-Wallis und U-Test nach Mann-Whitney für die post-hoc Tests) herangezogen. Alle Tests werden auf einem Signifikanzniveau von $p = 0,05$ durchgeführt.

5 Ergebnisse

5.1 Penetrationsgrad

Tabelle 5.1 zeigt die Mittelwerte und die Standardabweichungen in den einzelnen Gruppen. Für die Berechnung der Mittelwerte wurde zunächst über alle Ebenen und dann innerhalb der Gruppe ein Mittelwert gebildet. Abb. 5.1 zeigt den dazugehörigen Boxplot.

Penetrationsgrad			
Gruppe	N	Mittelwert	Standardabweichung
Kontrollgruppe	15	82,15	13,30
0,02 pointed	15	29,61	16,45
0,04 pointed	15	18,93	12,82
0,02 flat tip	15	40,19	19,27
0,04 flat tip	15	26,97	15,53

Tab. 5.1: Penetrationsgrad in den einzelnen Gruppen.

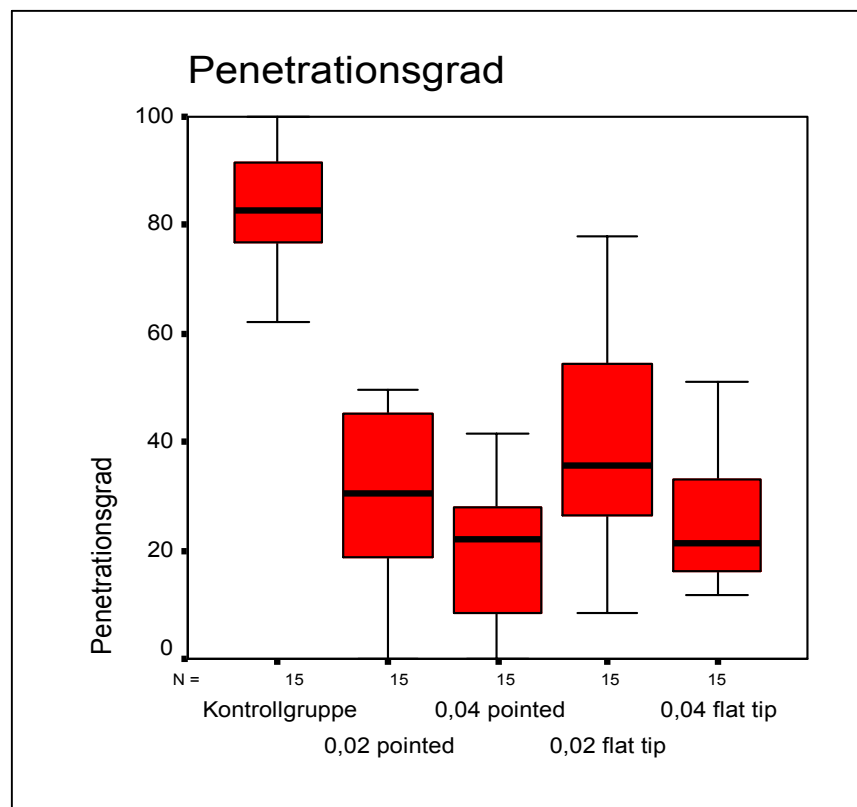


Abb. 5.1: Penetrationsgrad in % in den einzelnen Gruppen.

Die Gruppen zeigen Varianzhomogenität im Levene-Test ($p=0,442$) und Normalverteilung im Kolmogoroff-Smirnov Test ($p>0,05$). Hiermit sind die Voraussetzungen für einen varianzanalytischen Vergleich gegeben.

Zunächst wurden die einzelnen Versuchsgruppen mit Hilfe des t-Tests nach Student gegen die Kontrollgruppe getestet (Signifikanzniveau $p=0,05$). In allen Fällen erweisen sich die Werte der Kontrollgruppe als höchst signifikant erhöht ($p < 0,001$).

Die Varianzanalyse erfolgte mit der Prozedur UNIANOVA und den festen Faktoren Taper und Spreader. Um Unterschiede zwischen den Gruppen besser bestimmen zu können, wurde hierfür die Kontrollgruppe nicht berücksichtigt.

In Tab. 5.2 und 5.3 sind die Stufenmittelwerte der beiden Faktoren Taper und Spreader aufgeführt, Abb. 5.2 und 5.3 zeigen Boxplots der entsprechenden Gruppierungen zusammen mit der Kontrollgruppe. Das Ergebnis der Varianzanalyse zeigt Tabelle 5.4.

Penetrationsgrad			
Konizität	N	Mittelwert	Standardabweichung
0,02	30	34,90	18,41
0,04	30	22,95	14,58

Tab. 5.2: Stufenmittelwerte für den Faktor Konizität.

Penetrationsgrad			
Spreader	N	Mittelwert	Standardabweichung
Pointed	30	24,27	15,48
Flat Tip	30	33,58	18,46

Tab. 5.3: Stufenmittelwerte für den Faktor Spreader.

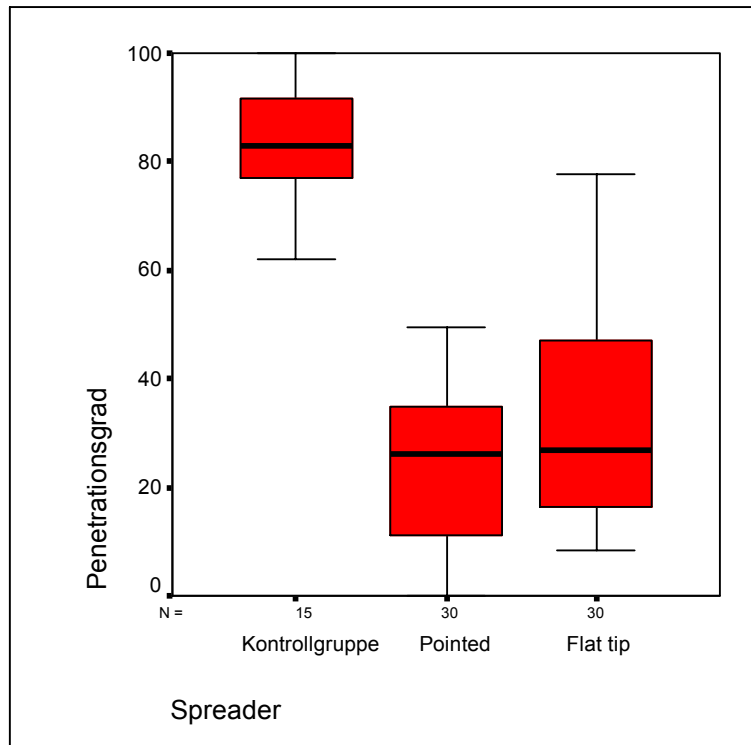


Abb. 5.2: Penetrationsgrad in % für den Faktor Spreader.

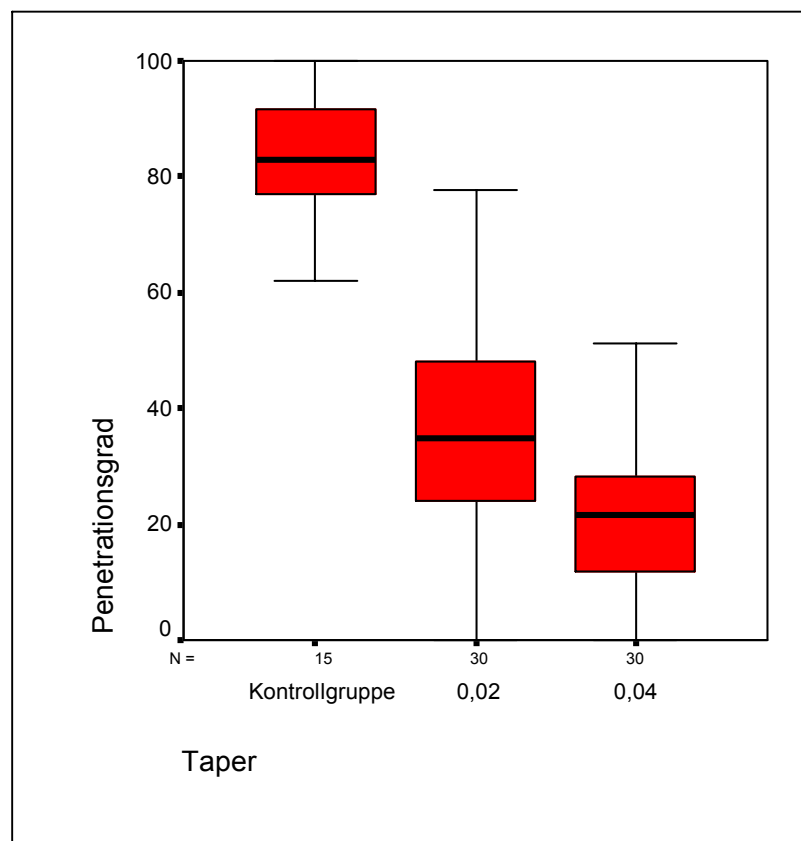


Abb. 5.3: Penetrationsgrad in % für den Faktor Taper.

Quelle	Quadratsumme Vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Korrigiertes Modell	3465,810a	3	1155,270	4,412	,007
Konstanter Term	50200,318	1	50200,318	191,706	,000
Taper	2141,830	1	2141,830	8,179	,006
Spreader	1299,702	1	1299,702	4,963	,030
Konizität * Spreader	24,278	1	24,278	,093	,762
Fehler	14664,246	56	261,862		
Gesamt	68330,374	60			
Korrigierte Gesamt- Variation	18130,056	59			

Tab. 5.4: Ergebnis der zweifaktoriellen Varianzanalyse (SPSS 11.5).

Es besteht ein sehr signifikanter Unterschied zwischen beiden Aufbereitungstapern. Ein gerade noch signifikanter Unterschied ($p = 0,03$) ist zwischen den beiden Spreadertypen festzustellen. Es existiert keine signifikante Wechselwirkung zwischen den Faktoren Spreader und Konizität ($p = 0,762$).

5.2 Penetrationstiefe

Die nachfolgende Tabelle 5.5 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen in den einzelnen Gruppen. Abb. 5.4 zeigt einen Boxplot dieser Ergebnisse.

Penetrationstiefe			
Gruppe	N	Mittelwert	Standardabweichung
Kontrollgruppe	15	4,89	0,41
0,02 pointed	15	4,29	1,39
0,04 pointed	15	3,81	1,63
0,02 flat tip	15	4,52	0,59
0,04 flat tip	15	4,68	,66

Tab. 5.5: Penetrationstiefe (mm ab Apex) in den einzelnen Gruppen.

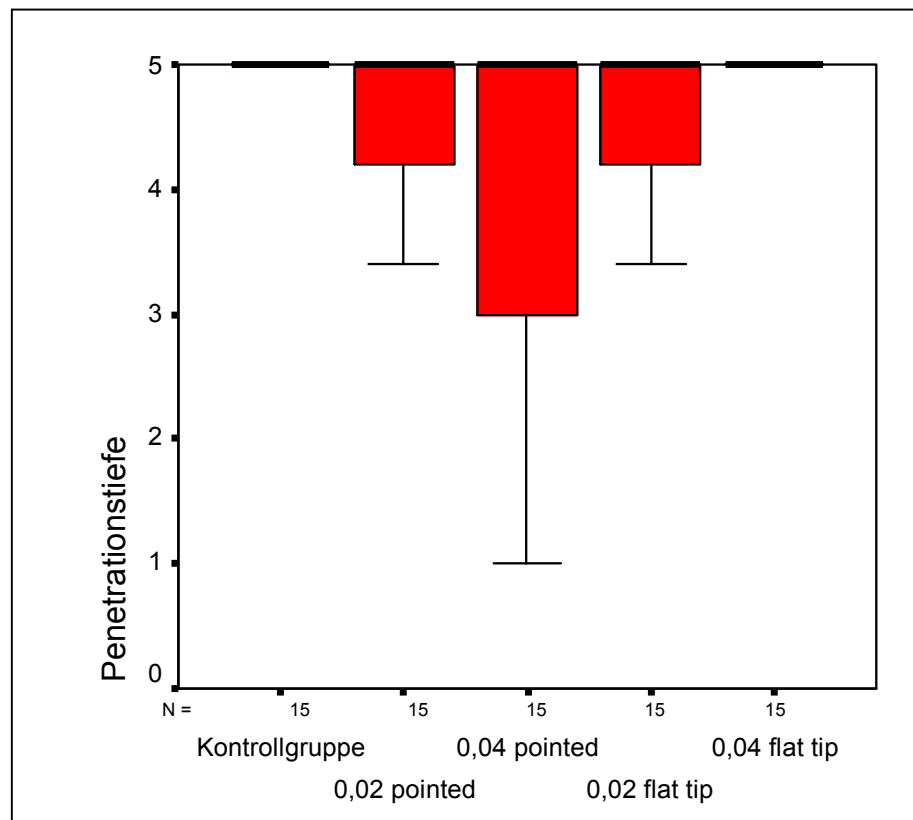


Abb. 5.4: Penetrationstiefe (in mm ab Apex) in den einzelnen Gruppen.

Die Medianwerte aller Gruppen liegen bei 5 mm, da durch die diskreten Schnittebenen nur der Wert 5 mm als maximale Penetrationstiefe erfasst werden konnte. Die Gruppen zeigen keine Varianzhomogenität im Levene-Test ($p < 0,001$), normalverteilt sind lediglich die Gruppen „0,04 pointed“ und „0,02 flat tip“ ($p > 0,05$ im Kolmogoroff-Smirnov Test). Eine Varianzanalyse kann daher nicht gerechnet werden. Vergleicht man die vier Versuchsgruppen mit dem H-Test nach Kruskal und Wallis (Signifikanzniveau $p = 0,05$), erhält man keinen Hinweis auf Gruppenunterschiede ($p = 0,374$). Auch die Vergleiche der Kontrollgruppe und der vier Versuchsgruppen mit dem U-Test nach Mann und Whitney (Signifikanzniveau $p = 0,05$) zeigt in keinem Fall eine Signifikanz an.

5.3 Porositäten

Tabelle 5.6 zeigt das Auftreten von Porositäten aufgeteilt nach Grad und Versuchsgruppe. Gewertet wurde jeweils innerhalb eines Versuchskörpers der größte Wert für die Porosität. In den Gruppen mit Spreadern vom Typ „Flat Tip“ konnten vermehrt Porositäten festgestellt werden. Hier scheint die Kombination von Spreadertyp „Flat Tip“ mit dem höheren Taper zu inhomogeneren Füllungen zu führen.

Gruppe	Porositäten			Gesamt
	0	1	2	
Kontrollgruppe	15	0	0	15
0,02 Pointed	15	0	0	15
0,04 Pointed	15	0	0	15
0,02 Flat Tip	13	0	2	15
0,04 Flat Tip	10	2	3	15
GESAMT	68	2	5	75

Tab. 5.6: Anzahl von Porositäten aufgeteilt nach Schweregrad und Versuchsgruppe.
(0=keine Porosität, 1=Poren unter 50 µm, 2=Poren über 50 µm)

5.4 Wurzelfrakturen

Tabelle 5.7 zeigt das Auftreten von Frakturen aufgeteilt nach deren Grad und der Versuchsgruppe.

Gruppe	Frakturen			Gesamt
	0	1	2	
Kontrollgruppe	15	0	0	15
0,02 Pointed	15	0	0	15
0,04 Pointed	15	0	0	15
0,02 Flat Tip	14	0	1	15
0,04 Flat Tip	13	1	1	15
GESAMT	72	1	2	75

Tab. 5.7: Anzahl von Porositäten aufgeteilt nach Schweregrad und Versuchsgruppe.
(0=keine Frakturen, 1= Fraktur, nicht penetriert, 2=Fraktur penetriert)

5.5 Hypothesenprüfung

Der Parameter Penetrationstiefe ergab, dass alle Gruppen eine mittlere Penetrationstiefe erzielten, die den Messbereich voll umfasst. Der Median der Penetrationstiefe ist in allen Gruppen gleich. Auch die Faktoren Porositäten und Frakturen haben nur begrenzten Aussagewert. Zur Überprüfung der Ausgangshypothesen kann daher lediglich der Parameter Penetrationsgrad herangezogen werden.

5.5.1 Erste Hypothese

Mittels der gewählten Evaluationsverfahren kann kein Unterschied zwischen den Prüfgruppen und der negativen Kontrollgruppe ermittelt werden.

Ein paarweiser Vergleich der einzelnen Prüfgruppen mit Hilfe des t-Tests nach Student gegen die Kontrollgruppe zeigt in allen Fällen ein höchst signifikanten ($p < 0,001$) Unterschied. **Die erste Hypothese ist daher zu verwerfen.** Das gewählte Verfahren ist geeignet, eine bekannt schlechte Methode von den Prüfgruppen zu differenzieren.

5.5.2 Zweite Hypothese

Die Dichtigkeit von Wurzelkanalfüllungen nach lateraler Kondensation mit einem Fingerspreader vom Typ „Flat Tip“ unterscheidet sich nicht signifikant von derjenigen nach lateraler Kondensation mit dem konventionellen Fingerspreader vom Typ „Pointed“.

In der zweifaktoriellen Varianzanalyse ergibt sich ein p-Wert von $p=0,03$ für den Faktor Spreader (Tab. 5.4). **Die zweite Hypothese ist daher zu verwerfen.** Die Gruppenmittelwerte aus der Varianzanalyse (Tab. 5.3) zeigen für die Spreaderform "pointed" einen niedrigeren Penetrationsgrad. Diese Spreaderform ist also vorzuziehen.

5.5.3 Dritte Hypothese

Die Dichtigkeit von Wurzelkanalfüllungen mittels lateraler Kondensation ist von der Aufbereitungskonizität unabhängig.

In der zweifaktoriellen Varianzanalyse ergibt sich ein p-Wert von $p=0,006$ für den Faktor Taper (Tab. 5.4). **Die dritte Hypothese ist daher zu verwerfen.** Die Gruppenmittelwerte aus der Varianzanalyse (Tab. 5.2) zeigen für die 0,04 einen niedrigeren Penetrationsgrad. Diese Aufbereitungskonizität ist also vorzuziehen.

6 Diskussion

6.1 Material und Methode

6.1.1 Auswahl der Proben

Ziel der vorliegenden Studie war es, Wurzelkanalfüllungen nach unterschiedlichen Methoden hinsichtlich ihrer Dichtigkeit zu untersuchen. Dies erfordert ein möglichst praxisnahes Modell, welches der realen Situation in möglichst vielen Parametern entspricht. Untersuchungen an künstlichen Wurzelkanälen aus Methacrylat oder ähnlichen Kunststoffen werden zwar für Studien zur Aufbereitung gerne herangezogen [[Tepel 1998](#), [Tepel 2000](#), [Schäfer&Zapke 1999](#)], können aber den Anforderungen an eine Wurzelfüllung nicht entsprechen und auch nicht alle Faktoren, welche die Dichtigkeit von Wurzelfüllungen beeinflussen, simulieren. In Untersuchungen zu Wurzelfüllmethoden werden daher zumeist menschliche Zähne verwendet [[Barthel et al. 1994](#), [Beatty et al. 1989](#), [Petschelt et al. 1987](#)]. Hiermit werden alle in vivo vorkommende Faktoren, wie Kanalwandbeschaffenheit, Schmierschicht und Interaktionen zwischen Füllmaterial und Dentinoberfläche berücksichtigt. Ein erschwerender Faktor bei der Verwendung von menschlichen Zähnen ist jedoch die große anatomische Variabilität und Komplexität der Wurzelkanal-Morphologie.

6.1.2 Wurzelkanalaufbereitung

Um hinreichende Bedingungen für einen Gruppenvergleich herzustellen müssen die Ausgangsbedingungen wie z.B. die Aufbereitungsform hinreichend standardisiert werden. Die Aufbereitung mit rotierenden Nickel-Titan Instrumenten erzeugt in geraden Wurzelkanälen hinreichend formkongruente Aufbereitungsformen und hat sich hierfür bewährt [[Hannig 2003](#), [Barthel et al. 1999](#), [Beer 1993](#), [Beer&Baumann 1997](#), [Buchanan 1996](#), [Schäfer 1999](#)]. Insbesondere der Aufbereitungskonus von 0,04 kann mit ISO-genormten Handinstrumenten nur schwer und mit komplexen und schlecht standardisierbaren Aufbereitungstechniken erzeugt werden. Einen guten apikalen Sitz des ISO-normierten Guttaperchapoints apikal wurde dadurch ermöglicht, dass alle Kanäle mit einem konventionellen ISO-genormten Handinstrument apikal revidiert wurden. Dieser

Vorgang gleicht die Abweichungen des Profile-Instrumentes von der ISO-Norm aus [Hülsmann 2002].

6.1.3 Wurzelkanalfüllung

In der vorliegenden Studie wurden Wurzelfüllungen mit der etablierten Methode der lateralen Kondensation durchgeführt. Diese Methode eignet sich für ISO-konform aufbereitete Kanäle sowie gleichermaßen für nicht ISO-konform aufbereitete Kanäle [Guldener&Langeland 1993, Weine 1995]. Als Kontrollgruppe wurde eine Zentralstifttechnik ohne Verwendung eines Sealers verwendet, welche bereits in vorangegangenen Untersuchungen als geeignet befunden wurde [Hannig 2003].

6.1.4 Farbstoffpenetrationstest

Die Dichtigkeit einer Wurzelkanalfüllung wird in der Regel durch den Nachweis und die Menge einer eingedrungenen Farblösung in die Wurzelfüllungs-fuge bestimmt. Aufgrund des geringeren Aufwands und der hohen Aussagekraft wird der Farbstoffpenetrationstest heute weitgehend passiv durchgeführt [Barthel et al. 1994, Masters et al. 1995]. Um die Menge an eingedrungenen Farbstoff zu erfassen, können die Farbstoffpenetrationstiefe oder der Penetrationsgrad bestimmt werden. In der vorliegenden Studie wurden beide Verfahren angewendet, wobei sich jedoch der Farbstoffpenetrationsgrad nach Barthel [Barthel et al. 1994] für das vorliegende Versuchsdesign als besseres Maß zur Differenzierung der Effekte herausgestellt hat. Hierfür wurden beide Parameter in seriellen Querschnitten auflichtmikroskopisch ermittelt.

Verfahren, die auf einer qualitativen Beurteilung von durchsichtig gemachten Wurzelkanälen beruhen sind in ihrer Messgenauigkeit eingeschränkt. Dies gilt auch für Verfahren, welche auf einer Mengenmessung der eingedrungenen Farblösung basieren. Untersuchungsmethode mit alternativen Penetrationssubstanzen, wie z.B. radioaktiv markierten Molekülen, wurde von uns aufgrund des höheren technischen Aufwandes und dem unklaren Aussagewert nicht in Betracht gezogen.

Leider gibt es bis heute keinenklare Korrelation zwischen der Penetration von Farbstofflösungen und der Eindringtiefe von Mikroorganismen. Hier wird vermutet, dass aufgrund des Größenunterschiedes Farbstoffmoleküle besser penetrieren können [Veis

1994, Wu et al. 1994]. Somit ist eine direkte Übertragung der Daten der vorliegenden Studie auf klinische Verhältnisse nur eingeschränkt möglich [Kersten&Moorer 1998, Roda&Gutmann 1995, Wu&Wesselink 1993].

6.2 Abschließende Bewertung der Ergebnisse

6.2.1 Vergleich der Kontrollgruppe mit den Prüfgruppen

Für die Kontrollgruppe wurde mit der Zentralstifttechnik eine Wurzelfülltechnik gewählt, die eine gute Kongruenz zwischen Guttaperchapoint und aufbereitetem Kanal bietet. Für die Kontrollgruppe wurde jedoch kein Sealer verwendet, so dass ein undichter Spalt zwischen Guttaperchapoint und Wurzelkanalwand entsteht. Es ergibt sich hierdurch also eine gewollt undichte Wurzelfüllung. Ein Prüfverfahren für die Dichtigkeit von Wurzelfüllungen muss in der Lage sein, Unterschiede zwischen dieser negativen Kontrollgruppe und den Prüfgruppen zu demaskieren.

Bei den verwendeten Verfahren war lediglich die Bestimmung des Penetrationsgrades in der Lage, eine klare Differenzierung zwischen negativer Kontrollgruppe und den Prüfgruppen zu bilden. Somit wurde dieser Parameter für die Hypothesenprüfung herangezogen, während die Ergebnisse der übrigen Parameter lediglich beschreibend diskutiert werden. Über eine bessere Eignung des Parameters Penetrationsgrad im Vergleich zur Penetrationstiefe wird auch in anderen Studien berichtet [Barthel et al. 1994, Hannig 2003]. Mit Parametern wie dem Auftreten von lichtmikroskopisch oder röntgenologisch nachgewiesenen Porositäten lassen sich keine sinnvollen Aussagen bezüglich der Dichtigkeit von Wurzelkanalfüllungen treffen [Lutz et al. 1985, Hannig 2003].

6.2.2 Der Einfluss des Faktors Spreader

Die laterale Kondensation ist für die Wurzelkanalfüllung ein anerkanntes Standardverfahren [Ingle&Beveridge 1976]. Das zentrale Instrument für diese Technik ist der Spreader, welcher die im Kanal befindliche Guttaperchamasse nach lateral kondensiert und für akzessorische Stifte Platz schafft. Hierbei sind die Größe von Spreader und akzessorischen Füllstiften an die Aufbereitungsgröße des Wurzelkanals anzupassen [Weine

1995]. Für die Dichtigkeit der Wurzelfüllung ist hierbei die Eindringtiefe des Spreaders ein positiver Faktor [Allison et al. 1974, Yared et al. 1992]. Auch Bauform und Material spielen hierbei eine Rolle. So konnte gezeigt werden, dass Spreader aus einer Nickel-Titan Legierung eine deutlich größere Eindringtiefe zeigen, als solche aus konventionellen Stahllegierungen [Berry et al. 1998]. Finger-Spreader aus Stahl führen allerdings zu besseren Ergebnissen als Hand-Spreader aus Nickel-Titan [Simons et al. 1991]. Die Verwendung eines Fingerpluggers anstelle des Spreaders wurde von Luke [Luke 1974] vorgeschlagen.

Die vorliegende Studie geht von der Annahme aus, dass eine modifizierte Bauform des Spreaders mit abgeflachter Spitze ("flat tip") für die apikale Kondensation einen Vorteil bringt. Diese Hypothese konnte durch den Vergleich der Penetrationsgrade im vorliegenden Studiendesign nicht bestätigt werden. Es konnte zwar einen Effekt der Spreaderform auf die Dichtigkeit der Füllungen nachgewiesen werden, hierbei zeigte sich allerdings, dass der postulierte bessere apikale Kondensationseffekt des abgeflachten Spreaders nicht verifiziert werden konnte. Im Gegenteil hierzu wurde sogar ein negativer Effekt dieser Bauform festgestellt. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass die abgeflachte Spitze ein Vordringen des Spreaders nach apikal erschwert und somit in diesem Bereich kein guter Kondensationseffekt erzielt werden konnte. Es wurde im vorliegenden Versuchsdesign zwar versucht, die Eindringtiefe beim ersten Kondensationsvorgang für alle Gruppen einheitlich auf 2-3 mm vor Apex festzulegen, um Frakturen zu minimieren wurde die Kondensationskraft jedoch in einem moderaten Bereich gehalten. Hier liegt es nahe, dass bei spitz zulaufenden Instrumenten mit dem gleichen Krafteinsatz eine größere Eindringtiefe möglich war.

Einen vergleichbaren Ansatz bietet hier die Studie von Chohayeb [Chohayeb 1993] die verschiedene Spreader und Plugger auf Eindringtiefe und Dichtigkeit der damit kondensierten Wurzelfüllungen vergleicht. Hier wurden zwar unterschiedliche Eindringtiefen für die verschiedenen Instrumente gefunden, die Farbstoffpenetration zeigte jedoch keine Unterschiede in der Dichtigkeit der mit diesen Instrumenten gefertigten Füllungen. Interessanterweise zeigte hier der verwendete Nickel-Titan Spreader eine deutlich geringere Eindringtiefe als die beiden verwendeten Plugger, was die oben aufgestellte Hypothese nicht unterstützen würde. Der verwendete Spreader zeigte jedoch auch in anderen Studien schlechtere Ergebnisse. Ein experimenteller Spreader im gleichen Studiendesign zeigte hier eine deutlich bessere Eindringtiefe.

6.2.3 Der Einfluss des Faktors Taper

Zwischen der Aufbereitungsform und der Qualität der Wurzelfüllung kann ein direkter Zusammenhang hergestellt werden. Hierbei ist eine deutlich konische Aufbereitungsform günstig, da hierdurch der Zugang zum Kanalsystem erleichtert wird [[Schilder 1967](#), [Schilder 1974](#)]. Dies ist insbesondere für einen guten Zugang der für die Kondensation verwendeten Instrumente von Bedeutung. Es konnte gezeigt werden, dass für die Dichtigkeit der Wurzelfüllung hierbei die Eindringtiefe des Spreaders oder Pluggers von Bedeutung ist [[Allison et al. 1974](#), [Yared et al. 1992](#)].

Hiernach müsste also ein stärker konisch aufbereiteter Wurzelkanal eine dichtere Wurzelfüllung ermöglichen. Diese Hypothese wurde im vorliegenden Studiendesign anhand der Aufbereitungstaper 0,02 und 0,04 überprüft. Die Hypothese wurde anhand der Ergebnisse für den Penetrationsgrad bestätigt. Eine Aufbereitung mit einem Taper von 0,04 ermöglicht mit dem Verfahren der lateralen Kondensation dichtere Wurzelfüllungen. Dieses Ergebnis bestätigt die Angaben in der Literatur zur gleichen Fragestellung [[Hannig 2003](#)].

Bei zu geringem Aufbereitungstaper kann der apikale Bereich des Wurzelkanals häufig nicht mit dem Spreader erreicht werden, was zu einer ungenügenden Kondensation in diesem Bereich führt [[Allison et al. 1974](#), [Simons et al. 1991](#)]. Ein Taper von 0,04 scheint für die laterale Kondensation optimal, während größere Taper wieder zu schlechteren Dichtigkeit führen, da hierbei kein genügender Kondensationsdruck aufgebaut werden kann [[Hannig 2003](#)].

6.2.4 Untersuchung auf Porositäten

Porositäten konnten nur in den Prüfgruppen mit Kondensation unter Verwendung des modifizierten Spreaders festgestellt werden. Hierbei war insbes. die Gruppe mit dem Taper 0,04 betroffen. Dies kann dadurch erklärt werden, dass der durch den modifizierten Spreader gebildete Freiraum nicht gut durch akzessorische Stifte aufgefüllt wurde und somit Blasen in der Füllung entstanden. Da der Vorgang des Kondensierens im weiter aufgearbeiteten Kanal mit dem größeren Taper öfter durchgeführt werden musste, ist auch die höhere Zahl der Blasen in dieser Gruppe verständlich.

6.2.5 Untersuchung auf Frakturen

Frakturen bei lateraler Kondensation entstehen dann, wenn mit dem Spreader zu hohe Kraft auf die Wurzel ausgeübt wurde, oder die Zahnschubstanz durch eine weite Aufbereitung oder anatomische Varianten sehr stark geschwächt wurde. In der vorliegenden Studie wurden Frakturen nur vereinzelt in den beiden Prüfgruppen mit Kondensation unter Verwendung des modifizierten Spreaders festgestellt. Die drei (von 75) festgestellten Frakturen sind entweder zufällig oder darauf zurückzuführen, dass die Kondensationskraft mit dem abgeflachten Spreader möglicherweise höher ist. Durch die abgeflachte Spitze gleitet der modifizierte Spreader nicht leicht in den Kanal. und es wird ein leicht höherer Druck notwendig, der möglicherweise leichter zu Frakturen führt.

7 Klinische Schlussfolgerung

Ziel der vorliegenden Studie war, den Nutzen eines modifizierten Spreaders, der sowohl in seiner Form einem konventionellen Spreader entspricht, an der Arbeitsspitze jedoch die Funktionalität eines Pluggers aufweist, zu untersuchen. Es konnte gezeigt werden, dass mit dem gewählten Design kein zusätzlicher Nutzen verbunden ist, ja sogar die Dichtigkeit der resultierenden Wurzelfüllungen abnahm. Es ist also nicht angezeigt, Spreader in der beschriebenen Form klinisch zu verwenden.

Weiterhin konnte gezeigt werden, dass die Verwendung eines größeren Aufbereitungstapers auch bei lateraler Kondensation zu dichteren Füllungen führt. Klinisch sollte daher ein entsprechend großer Aufbereitungskonus angestrebt werden, die Aufbereitung mit dem Normkonus ist hier nicht empfehlenswert.

8 Zusammenfassungen

8.1 Zusammenfassung (vierseitig)

8.1.1 Einleitung und Ziel der Studie

Die Kondensation von Wurzelkanalfüllungen mit lateraler Kondensation ist eine anerkannte Standardmethode, welche weltweit eingesetzt wird. Hierbei wird ein Guttaperchastift durch Kaltverformung mit einem Spreizinstrument (sogen. Spreader) an die Wurzelkanalwand kondensiert. In den so geschaffenen Raum werden weitere Füllstifte nachgeschoben. Der Vorgang wird nun wiederholt, bis der Wurzelkanal mit einem hohen Anteil an Guttapercha ausgefüllt ist. Der restliche Raum wird mit einem flüssigen Sealer ausgefüllt, welcher später erhärtet. Angestrebt wird ein Verhältnis von mindestens 95% Guttapercha zu höchstens 5% Sealer.

Zentrales Instrument bei dieser Technik ist der Spreader, welcher gut in die Guttapercha eindringen soll und diese wie beschrieben kondensieren muss. Beim konventionellen Spreader wirkt die Kondensationskraft nach lateral. Es wurde beschrieben, dass der Einsatz von Instrumenten (wie z.B. sogen. Plugger), welche ihre Kondensationskraft nach apikal (axial) ausüben, hierbei von Vorteil ist. Für diese Studie wurde ein handelsüblicher Spreader so modifiziert, dass seine Arbeitsspitze durch Abflachung Pluggerfunktionalität erhält.

Für die Dichtigkeit der Wurzelfüllung ist die Eindringtiefe des Spreaders ein wesentlicher Faktor. Es wurde daher untersucht, ob die Modifikation der Aufbereitungsform im Sinne eines stärker konischen Tapers (Taper = Konizität, Steigerung des Durchmessers in mm pro mm Instrumentenlänge) von Vorteil ist.

8.1.2 Material und Methode

Insgesamt n=75 frisch extrahierte menschliche Zähne mit geraden Wurzeln und ohne Wurzelfüllung wurden von anhaftenden Gewebsresten befreit. Die Wurzeln wurden von der Krone so abgetrennt, dass 75 gerade Zahnwurzeln mit einer Mindestlänge von 10 mm verblieben. Diese Zahnwurzeln wurden randomisiert so auf 5 Gruppen aufgeteilt, dass in jeder Gruppe n=15 Wurzeln verblieben. Mit rotierenden Ni/Ti Instrumenten vom Typ Profile 02/50 und 04/50 wurden die Wurzelkanäle nun entsprechend dem Versuchsplan

(Tab. 8.1) aufbereitet. Hierbei wurde auf Gängigkeit des Foramen apikale geachtet und ggf. diese mit einem Instrument der Größe #10 verifiziert.

Methode	Aufbereitungstaper	
	0,02	0,04
Laterale Kondensation Spreader “flat tip”	n=15	n=15
Laterale Kondensation Spreader “pointed”	n=15	n=15
Negative Kontrollgruppe (Zentralstift ohne Sealer)	n=15	

Tab. 8.1: Einteilung der Versuchsgruppen.

Die Wurzeln wurden nun nach Versuchsplan unter Verwendung der lateraler Kondensation mit den Spreadern „pointed“ (konventionell) und „flat tip“ (modifiziert) gefüllt. Eine negative Kontrollgruppe wurde unter Anwendung der Zentralstifttechnik ohne Sealer abgefüllt.

Die Wurzeln wurden bis auf 1 mm oberhalb des Apex mit Nagellack überzogen und anschließend verblindet. Nach Lagerung in 2%-Methylenblau für 4 Tage wurden die Proben in Kaltpolymerisat eingebettet und es wurden sechs serielle Querschnitte im Abstand von 0,8 mm ab dem Apex angefertigt.

Die Querschnitte wurden digitalisiert. Bewertet wurden die Penetrationstiefe in mm ab dem Apex und der Penetrationsgrad, d.h. der prozentuale Anteil des penetrierten Füllungsumfangs bezogen auf den Gesamtumfang. Darüber hinaus wurden Poren und Wurzelfrakturen qualitativ erfasst. Die Ergebnisse wurden auf Normalverteilung und Varianzhomogenität untersucht. Mit Hilfe einer zweifaktoriellen Varianzanalyse und verteilungsfreier Verfahren (H-Test nach Kruskal&Wallis und U-Test nach Mann&Whitney) wurden die Gruppen bei einem Signifikanzniveau von $p = 0,05$ verglichen.

8.1.3 Ergebnisse

Alle Proben zeigten eine ausgeprägte Penetration. Der Parameter Penetrationstiefe war hier nicht geeignet, zwischen den Gruppen zu unterscheiden. Der Parameter Penetrationsgrad

ergab hier eine bessere Differenzierung zwischen den Prüfgruppen (Abb. 8.1) und wurde für die statistische Hypothesenprüfung herangezogen. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der Kontrollgruppe und allen Prüfgruppen. Innerhalb der Prüfgruppen, welche als normalverteilt und varianzhomogen befunden wurden, wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse für die Faktoren "Spreader" und "Taper" durchgeführt. Es ergab sich für den Faktor "Spreader" ein signifikanter Unterschied ($p=0,030$) ebenso wie für den Faktor "Taper" ($p=0,006$). Wurzelfüllungen welche mit dem modifizierten Spreader angefertigt wurden zeigen demnach eine statistisch signifikant schlechtere Dichtigkeit (gemessen mittels Penetrationsgrad) als solche die mit konventionellem Spreader kondensiert wurden. Eine Aufbereitung auf einen Taper von 0,04 führt zu einer statistisch signifikant besseren Dichtigkeit (gemessen mittels Penetrationsgrad) als eine Aufbereitung auf einen ISO-normkonformen Taper von 0,02.

Porositäten und Frakturen wurden nur vereinzelt in den Gruppen gefunden, die mit dem modifizierten Spreader kondensiert worden waren.

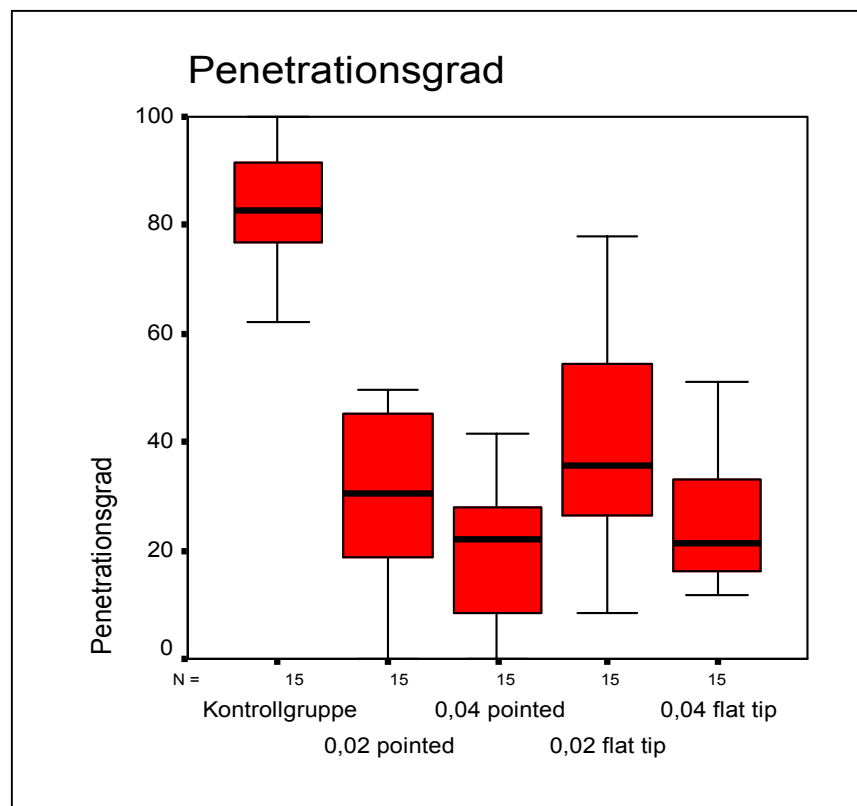


Abb. 8.1: Penetrationsgrad in % in den einzelnen Gruppen.

8.1.4 Diskussion und klinische Schlussfolgerung

Ziel der vorliegenden Studie war, den Nutzen eines modifizierten Spreaders, der sowohl in seiner Form einem konventionellen Spreader entspricht, an der Arbeitsspitze jedoch die Funktionalität eines Pluggers aufweist, zu untersuchen. Es konnte gezeigt werden, dass mit dem gewählten Design kein zusätzlicher Nutzen verbunden ist, ja sogar die Dichtigkeit der resultierenden Wurzelfüllungen abnahm. Es ist also nicht angezeigt, Spreader in der beschriebenen Form klinisch zu verwenden.

Weiterhin konnte gezeigt werden, dass die Verwendung eines größeren Aufbereitungstapers auch bei lateraler Kondensation zu dichteren Füllungen führt. Klinisch sollte daher ein entsprechend großer Aufbereitungskonus angestrebt werden, die Aufbereitung mit dem Normkonus ist für das hier gewählte Studiendesign nicht empfehlenswert.

8.2 Zusammenfassung (einseitig)

In vitro Evaluation der lateralen Guttapercha-Kondensationstechnik mit Fingerspreadern verschiedener Spitzengeometrie.

Kroneberger, A.

Ziel: Ziel der Studie war es, den Einfluss von Spreaderform und Aufbereitungstaper bei der lateralen Kondensation auf die Dichtigkeit der Wurzelfüllungen zu untersuchen.

Für diese Studie wurde ein handelsüblicher Spreader so modifiziert, dass seine Arbeitsspitze durch Abflachung Pluggerfunktionalität erhält.

Material&Methode: Insgesamt $n=75$ frisch extrahierte menschliche Zähne mit geraden Wurzeln wurden so vorbereitet, dass 75 gerade Zahnwurzeln. Diese Zahnwurzeln wurden randomisiert so auf 5 Gruppen aufgeteilt, mit rotierenden Ni/Ti Instrumenten vom Typ Profile 02/50 und 04/50 aufbereitet und unter Verwendung der lateraler Kondensation mit den konventionellen Spreadern „pointed“ sowie modifizierten Spreadern "flat tip“ gefüllt. Eine negative Kontrollgruppe wurde unter Anwendung der Zentralstifttechnik ohne Sealer abgefüllt. Die Wurzeln wurden bis auf 1 mm oberhalb des Apex mit Nagellack überzogen und anschließend verblindet. Nach Lagerung in 2%-Methylenblau für 4 Tage wurden die Proben in Kaltpolymerisat eingebettet und es wurden sechs serielle Querschnitte im Abstand von 0,8 mm ab dem Apex angefertigt. Die Querschnitte wurden digitalisiert. Bewertet wurden die Penetrationstiefe in mm ab dem Apex und der Penetrationsgrad.

Ergebnisse: Alle Proben zeigten eine ausgeprägte Penetration. Lediglich der Parameter Penetrationsgrad konnte für eine Differenzierung zwischen den Prüfgruppen verwendet werden. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der Kontrollgruppe und allen Prüfgruppen. Innerhalb der Prüfgruppen, welche als normalverteilt und varianzhomogen befunden wurden, wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse für die Faktoren "Spreader" und "Taper" durchgeführt. Es ergab sich für den Faktor "Spreader" ein signifikanter Unterschied ($p=0,030$) ebenso wie für den Faktor "Taper" ($p=0,006$). Wurzelfüllungen welche mit dem modifizierten Spreader angefertigt wurden zeigen demnach eine statistisch signifikant schlechtere Dichtigkeit (gemessen mittels Penetrationsgrad) als solche die mit konventionellem Spreader kondensiert wurden. Eine Aufbereitung auf einen Taper von 0,04 führt zu einer statistisch signifikant besseren Dichtigkeit (gemessen mittels Penetrationsgrad) als eine Aufbereitung auf einen ISO-normkonformen Taper von 0,02.

Schlussfolgerung: Es konnte gezeigt werden, dass mit dem gewählten Spreaderdesign kein zusätzlicher Nutzen verbunden ist, ja sogar die Dichtigkeit der resultierenden Wurzelfüllungen abnahm. Es ist also nicht angezeigt, Spreader in der beschriebenen Form klinisch zu verwenden.

Weiterhin konnte gezeigt werden, dass die Verwendung eines größeren Aufbereitungstapers auch bei lateraler Kondensation zu dichteren Füllungen führt. Klinisch sollte daher ein entsprechend großer Aufbereitungskonus angestrebt werden.

8.3 Zusammenfassung (einseitig, englisch)

In vitro evaluation of the lateral condensation of guttapercha by fingerspreaders of different tip shape.

Kroneberger, A.

Aim of the study: The purpose of this study was to compare the obturation quality of root canal fillings condensed laterally by different spreaders and done in canals shaped to different tapers. A regular spreader of size #30 was modified by cutting of the tip and producing a tip with the functionality of a plugger.

Material&Method: A total of $n=75$ human straight teeth roots were divided to groups of 15 each and prepared using rotating Ni/Ti instruments to ISO 50 and tapers of 0,02 and 0,04 and 0,06. The roots were filled using a lateral condensation using regular spreaders "pointed" and modified spreaders "flat tip". The roots were blinded and coated with nail varnish except 1mm above the apex. After immersion in methylene blue, five sections of 0,8 mm step length were done in the apical region. All cuts were digitised. Penetration depth and penetration degree around the root filling were calculated. Results were compared using MANOVA and a significance level of $p=0,05$.

Results: There was a significant influence of spreader type ($p=0,03$) and taper ($p=0,006$) on penetration degree.

Conclusions: The quality of root canal obturation depends on the shape of the spreader. The modified spreader produced a significant lower obturation quality compared to the pointed instrument. For lateral condensation technique a preparation taper of 0,04 results in better obturation quality.

9 Literaturverzeichnis

- 1 Ahlberg, K.M.F., Assavanop, P., Tay, W.M.
A comparsion of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and india ink in root-filled teeth.
J Endod 28, 30-34 (1995).
- 2 Al-Khatar, N., Kunzelmann, K.-H., Hickel, R.
Dichtigkeit und Wandständigkeit verschiedenen endodontische Sealer in schmierschichtfreien Wurzelkanälen.
Dtsch Zahnärztl Z 54, 479-483 (1999).
- 3 Allison, D.A., Weber, C.R., Walton, R.E.
The influence of the method of canal preparation on the quality of apical and coronal obturation.
J Endod 5, 298-304 (1974).
- 4 Attin, T., Kielbassa, M.A., Lübke, T., Schulte-Mönting, J., Hellwig, E.
Die apikale Dichtigkeit von Wurzelkanalfüllungen.
Deutsche Zahnärztliche Z 49 955-958 (1994).
- 5 Barthel, C.R., Lösche, G.M., Zimmer, S., Roulet, J.-F.
Dye penetration in root canals filled with AH 26 in different consistencies.
J Endod, 20, 436-439 (1994).
- 6 Barthel, C.R., Gruber, S., Roulet, J.F.
Aufbereitung von Wurzelkanälen mit drei verschiedenen Aufbereitungssystemen in vitro.
Deutsche Zahnärztliche Z 54, 474-478, (1999).
- 7 Barthel, C.R., Noack, M.J., Roulet, J.F.
Die Dichtigkeit von Ketac Endo und AH 26 in Abhängigkeit der Wurzelfülltechnik in vitro.
Deutsche Zahnärztliche Z 49, 286-288 (1994).

- 8 Beatty, G. R. Baker, P.S., Haddix, J., Hart, F.
The efficacy of four root canal obturation techniques in preventing apical dye penetration.
J Am Dent Assoc 119, 633-637 (1989).
- 9 Beer, R., Baumann, M.A.
Farbatlas der Endodontie.
Thieme Verlag, Stuttgart 1997.
- 10 Beer, R.
Die Guttaperchafüllung des gekrümmten Wurzelkanals.
ZWR 102, 413-420 (1993).
- 10 Beer, R., Gängler, P., Ruprecht, B.
Investigation of the canal space occupied by guttapercha following lateral condensation and thermo-mechanical condensation.
J Endod 20, 271-275 (1987).
- 12 Beer, R.
Maschinelle versus Handinstrumentierung des Wurzelkanals
ZWR 102, 856-861 (1993).
- 13 Beer, R.
Nitinol-Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung.
Der Freie Zahnarzt 23, 30-39 (1998).
- 14 Beer, R.
Optimale Wurzelkanalaufbereitung. Welche Technik führt zum Ziel?
Philip Journal, 261-267 (1992).
- 15 Beer, R., Gängler, P.
In vitro Untersuchungen unterschiedlicher Wurzelkanalfülltechniken und Materialien.
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 74, 800-806 (1986).

- 16 Berry, K.A., Loushine R.J., Primack P.D., Runyan D.A.
Nickel-titanium versus stainless-steel finger spreaders in curved canals.
J Endod 24, 752-754 (1998).

- 17 Buchalla, W., Attin, T., Brücklmeier, R., Hellwig, E.
Computergestützte Methode zur quantitativen Bestimmung der apikalen
Undichtigkeit von Wurzelkanalfüllungen.
Deutsche Zahnärztliche Z 54, 244-248 (1999).

- 18 Buchanan, L.S.
The Art of Endodontics. Files of Greater Taper.
Dent Today, 42-49 (1996).

- 19 Buchanan, L.S.
The Files of Greater Taper. Report from the Trenches.
Dent Today, 92-97 (1997).

- 20 Chohayeb A.A.
Evaluation of the apical condensation of guttapercha by a tapered/calibrated
spreader/plugger.
J Endod 19, 167-169 (1993).

- 21 Dalat, D.M., Spangberg, L.S.W.
Comparison of Apical Leakage in Root Canals obtured with various
Guttapercha Techniques Using a Dye Vacuum Tracing Method.
J Endod 20, 315-319 (1994).

- 23 DGZ
Wurzelkanalaufbereitungen.
Zahnärztl. Mitteilungen 91, 44-46 (2001).

- 24 DIN EN ISO 3630-1
Zahnärztliche Wurzelkanalinstrumente.
Beuth Verlag Berlin, 1994.

- 24 Europäische Gesellschaft für Endodontologie
Qualitätsrichtlinien endodontischer Behandlung.
Endodontie 4, 56-61 (1994).
- 25 Fritz, U., Wichmann, M.
Nachuntersuchung von Wurzelkanalfüllungen aus dem studentischen
Kursbetrieb.
Dtsch Zahnärztl Z 46, 33-35 (1991).
- 26 Georgopoulou, M.K., Wu, M.K., Nikalaou, A., Wesselink, P.R.
Effect of thickness on the sealing ability of some root canal sealers.
Oral Surg Oral Med Oral Path 80, 338-344 (1995).
- 27 Glosson, C.R., Haller, R.H., Dove, S.B., del Rio, C.E.
A Comparison of Root Canal Preparations Using Ni-Ti Hand,
Ni-Ti Engine-Driver, and K-Flex Endodontic Instruments.
J Endod 21, 146-151 (1995).
- 28 Goldman, M., Simmonds, S., Rush, R.
The usefulness of dye penetration studies reexamined.
Oral Surg Oral Med Oral 67, 327-329 (1989).
- 29 Griesinger, H.R., Albers, H.K.
Erfolgreiche Aufbereitung stark gekrümmter Wurzelkanäle. Die korono-apikale
Technik.
ZWR 102, 842-849 (1993).
- 30 Guldener, P.H.A., Langeland, K.
Endodontologie (3 Auflage)
Thieme Verlag Stuttgart, 1993.
- 31 Hannig, M.
In-vitro Untersuchung von vier Wurzelkanalfüllmethoden bei unterschiedlicher
Konizität der Aufbereitung.
Med. Diss. Marburg, 2003.

- 32 Hantusch, A., Binus, W.
Möglichkeiten der Wurzelkanalfüllung mit Guttapercha.
Stomatologie 40, 147-149 (1990).
- 33 Hasselgren, G.
Where Shall the Root Filling End?
The New York State Dental Journal 37, 34-35 (1994).
- 34 Hata, A., Kawazoe, S.
Sealing ability of thermoplasticized guttapercha fill techniques as assessed by
a new method of determining apical leakage.
J Endod 21, 167-172 (1995).
- 35 Heidemann, D.
Die Wurzelfüllung manuell-maschinell.
Deutsche Zahnärztliche Z 44, 414-416 (1989).
- 36 Hellwig, E., Klimek, J., Attin, Th.
Einführung in die Zahnerhaltung.
Urban&Fischer München, 1999.
- 37 Hermann, H.W.
Die Kombination von Lightspeed Instrumenten und konisch rotierenden
Ni-Ti Instrumenten zur Aufbereitung gekrümmter Wurzelkanäle.
Endodontie 4, 311-322 (1999).
- 38 Holland, R., Murata, S.S., Dezan, E., Garlipp, O.
Apical Leakage after Root Canal Filling with an Experimental Calcium
Hydroxide Guttapercha Point.
J Endod 22, 71-73 (1996).
- 39 Hoppe, W., Schäfer, E., Tepel, J.
Instrumentarium und Konzept für die Manuelle Wurzelkanalaufbereitung.
ZWR 102, 764-771 (1993).

- 40 Hör, D., Attin, T.
Die elektrische Längenbestimmung des Wurzelkanals.
Endodontie 10, 39-55 (2001).
- 41 Hülsmann, M., Meiert, I.
Apikale Dichtigkeit thermoplastischer Wurzelkanalfüllungen.
Dtsch Zahnärztl Z 49, 507-511 (1994).
- 42 Hülsmann M, Rödiger T
Die Röntgenmessaufnahme.
Endodontie 10, 21-37 (2001).
- 43 Hülsmann M.
Die Aufbereitung des Wurzelkanals. In: Heidemann D (Hrsg.), Endodontie.
Urban&Fischer Verlag München, 2001.
- 44 Hülsmann M.
Die maschinelle Wurzelkanalaufbereitung mit Nickel-Titan-Instrumenten -
eine vorläufige Bilanz. In: Hülsmann M (Hrsg.), Wurzelkanal-Aufbereitung mit
Nickel-Titan-Instrumenten. Ein Handbuch.
Quintessenz Verlag Berlin, 2002.
- 45 Ingle J.I., Beveridge, E.E.
Endodontics.
Lea&Febiger Philadelphia, 1976.
- 46 Kennedy, W.A., Walker, W.A., Gough, R.W.:
Smear Layer Removal Effects on Apical Leakage.
J Endod 12, 21-27 (1986).
- 47 Kersten, H.W., Moorer, W.R.
Particles and molecules in endodontic leakage.
J Endod 22, 118-124 (1989).

- 48 Klimek, J., Kockkapan, C., Borchert, J.
Häufigkeit und Qualität von Wurzelkanalfüllungen in den Jahren 1983 und 1991.
Deutsche Zahnärztliche Z 50, 154-156 (1995).
- 49 Klimm W.
Endodontologie: Grundlagen und Praxis.
Deutscher Ärzte Verlag Köln, 2003.
- 50 Kontakiotis, E.G., Wu, M.K., Wesselink, P.R.
Effect of calcium hydroxide dressing on seal of permanent root filling.
Endod Dent Traumatol 13, 281-284 (1997).
- 51 Krammer, J., Schlepper, H.
Handbuch endodontisches Instrumentarium.
Vereinigte Dentalwerke Zdarsky Ehrler GmbH&Co KG München, 1992.
- 52 Kunzelmann, K.-H., Hickel, R., Lindner, M., Heidemann, D.
Wurzelkanalanzahl und Länge eines mitteleuropäischen Patientenkollektivs.
Dtsch zahnärztl Z 47, 697-700 (1992).
- 53 Benz, Ch., Caesar, H.-H., Fischbach, H.
Lexikon Zahnmedizin und Zahntechnik.
Urban&Fischer Verlag München, 2000.
- 54 Loser, G.
Neue Entwicklungen in der Endodontie.
ZMK 11, 766-769 (1999).
- 55 Lutz, M.
Ein Vergleich thermomechanischer und konventioneller Wurzelkanalfüllungs-
techniken in vitro.
Med. Diss Marburg 1985.

- 56 Mannocci, F., Ferrari, M.
Apical Seal of Roots obturated with Laterally Condensed Guttapercha,
Epoxy Resin Cement and dentin Bonding Agent.
J Endod 24, 41-44 (1998).
- 57 Masters, J., Higa, R., Torabinejad, M.
Effects of Vacuuming on Dye Penetration Patterns in Root Canals and
Glass tubes.
J Endod 21, 332-334 (1995).
- 58 Michailesco, P.M., Varcacel, J., Grieve R.
Bacterial Leakage in Endodontics: An Improved Method for Quantification.
J Endod 22, 535-539 (1996).
- 59 Nguyen, T.N.
Obturation of the Root Canal System. In: Cohen, S., Burns, R.C.: Pathways of
the Pulp.
Mosby St. Louis-Toronto, 1994.
- 60 Niss, H., Jepsen, S., Griesinger, H.R., Albers, H.K.
Thermoplastische und konventionelle Guttapercha-Wurzelkanalfülltechnik.
Deutsche Zahnärztliche Z 51, 627-629 (1996).
- 76 Oguntebi, B.R., Shen, C.
Effect of Different Sealers on Thermoplasticed Guttapercha Root Canal
Obturations.
J Endod 18, 363-366 (1992).
- 77 Pathomvanich, S., Edmunds, D.H.
The sealing ability of Thermafil Obturators assessed by four different
microleakage techniques.
Int End J 29, 327-334 (1996).
- 78 Pecchioni, A., Roulet, J.F., Lavagnoli, G.
Technik der Wurzelfüllung mit einem Stift. In: Pecchioni (Hrsg.)
Die Wurzelkanalbehandlung.
Quintessenz Verlag, 1982.

- 79 Peters O, Eggert Ch, Barbakow F.
Aufbereitung gekrümmter Wurzelkanäle unter Anwendung der LightSpeed-Methode. Teil 1:Grundlagen.
Endodontie 6, 267-272 (1997).
- 80 Petschelt, A., Stumpf, B., Raab, W.
Dichtigkeit von Wurzelfüllungen mit und ohne Schmierschicht.
Deutsche Zahnärztliche Z 42, 743-746 (1987).
- 81 Ridell K., Sundin B., Matsson L.
Endodontic treatment during childhood and adolescence. A survey of 19-year olds living in the city of Malmo, Sweden.
Swed Dent J 27, 83-89 (2003).
- 82 Roda, R.S., Gutmann, J.L.
Reliability of reduced air pressure methods used to assess the apical seal.
Int Endod J 28, 154-162 (1995).
- 83 Roig-Cayon, M., Basillo-Monne, J., Abos-Herrandiz, R., Brau-Aguade, E., Canalda-Sahli, C.
A Camparison of Molar Root Canal Preparations Using Six Instruments and Instrumentation Techniques.
J Endod 23, 383-386 (1997).
- 84 Schäfer, E., Lau, R.
Comparison of Cutting Efficiency and Instrumentation Of Curved Canals with Nickel-Titanium and Stainless-steel Instruments.
J Endod 25, 427-430 (1990).
- 85 Schäfer, E., Tepel, J., Hoppe, W.
Wurzelkanalinstrumente aus Nickel-Titan-Legierungen zur Wurzelkanal-aufbereitung.
ZWR 103, 90-96 (1994).

- 86 Schäfer, E., Zapke, K.
Vergleichende rasterelektronmikroskopische Untersuchung manuell und maschinell aufbereiteter Wurzelkanäle.
Deutsche Zahnärztliche Z 54, 551-558 (1999).
- 87 Schäfer, E.
Aktuelle Konzepte zur Wurzelkanalaufbereitung und zur Medikamentösen Versorgung des aufbereiteten Wurzelkanals.
ZMK 11, 694-698 (1999).
- 88 Schäfer, E.
Wurzelkanalfüllmaterialien.
Deutsche Zahnärztliche Z 55, 15-25 (2000).
- 89 Schilder, H.
Filling Root Canals in Three Dimension.
Dent Clin N Am 11, 723-744 (1967).
- 90 Schilder, H.
Cleaning and Shaping the Root Canal.
Dent Clin N Am 18, 269-296 (1974).
- 91 Schulz-Bongert, U.
Die Aufbereitung von Wurzelkanällen unter Anwendung von rotierenden Nickel-Titan-Instrumenten.
ZMK 11, 703-707 (1999)
- 92 Schürmann, F., Rotgans, J.
Vergleichende Untersuchungen zur Randständigkeit von Wurzelkanalfüllmaterialien und –methoden.
ZWR 102, 245-248 (1993).
- 93 Simons J, Ibanez B, Friedman S, Trope M.
Leakage after lateral condensation with Finger Spreaders and D-11-T Spreaders.
J Endod 17, 101-104 (1991).

- 94 Städtler, P., Arnetzl, G.
Aufbereitung des Wurzelkanals mit dem Excalibur.
ZWR 100, 773-779 (1991).
- 95 Tepel, J.
Experimentelle Untersuchungen zur maschinellen Wurzelkanalaufbereitung.
Deutsche Zahnärztliche Z 53, 101-113 (1998).
- 96 Tepel, J.
Experimentelle Untersuchung über die maschinelle Wurzelkanalaufbereitung.
Habilitationsschriften der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde.
Quintessenz Verlag Berlin, 2000.
- 97 Thompson, S.A., Dummer, P.M.H.
Shaping ability of Pro File 04 Taper Series 29 rotary nickel-titanium
instruments in simulated root canals. Part 1 & Part 2.
Int Endod J 30, 08-15 (1997).
- 98 Unverdorn, D., Petschelt, A., Hickel, R.
Dichte von Wurzelkanalfüllungen.
Deutsche Zahnärztliche Z 47, 486-489 (1992).
- 99 Veis, A.A.
In vitro evaluation of apical leakage of root canal filling after in situ obturation
with thermoplasticized and laterally condensed Guttapercha.
Int Endod J 27, 213-217 (1994).
- 100 Weiger R., Hitzler S., Hermle G., Löst, C.
Periapical Status, quality of root canal Fillings and estimated treatment needs
in an urban German population.
Endod Dent Traumatol 13, 69-74 (1997).
- 101 Weine, F.S.:
Controversies in Clinical Endodontics, The Significance and Filling of Lateral
Canals.
Compendium 17, 1028-1044 (1996).

- 102 Weine, F.S.
Controversies in Clinical Endodontics, Filling From the Open Position.
Compendium 18, 906-918 (1997).

- 103 Weine, F.S.
Endodontic Therapy.
Mosby St. Louis-Toronto, 1995.

- 104 West, D.J., Roane, J.B., Goering, H.C.
Cleaning and Shaping the Root Canal. In Cohen and Burns: Pathways of the
Pulp.
Mosby, St. Louis-Toronto, 1994.

- 105 Wu, M.K., De Gee, A.J., Wesselink, P.R., Moorer, W.R.
Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings.
Int Endod J 26, 203-208 (1993).

- 106 Wu, M.K., Wesselink, P.R.
Endodontic leakage studies reconsidered. Part 1. Methodology, application and
relevance.
Int Endod J 26, 37-43 (1993).

- 107 Wu, M.K., De Gee, A.J., Wesselink, P.R.
Fluid transport and dye penetration along root canal fillings.
Int Endod J 27, 233-238 (1994).

- 108 Wu, M.K., De Gee, A.J., Wesselink, P.R.
Leakage of AH26 and Ketac-Endo Used With Injected Warm Guttapercha.
J Endod 23, 331-334 (1997).

- 109 Yared, M.G., Chanine, T.I., Bou-Dagher, F.E.
Master cone apical behaviour under in vitro compaction.
J Endod 18, 318-321 (1992).

10 Materialverzeichnis

Produkt/Handelsname	Hersteller/Bezugsquelle
1) Thymollösung, gesättigt	Hausapotheke
2) Ultraschallgerät Sonosoft	Kavo, D-88299 Leutkirch
3) Scaler M 23	Deppeler, CH-1180 Rolle
4) Skalpell Nr. 15	Aesculap, D-78532 Tuttlingen
5) ProFile-Instrumente Taper 2% / 4%	Maillefer Instruments SA, CH-1338 Ballaigues
6) ISO-Wurzelkanalinstrumente	VDW, Zdarsky Ehrler GmbH&Co KG, D-81709 München
7) Natriumhypochlorit Lsg. 3%	Hausapotheke
8) Finger Spreader #30	Gebr. Brasseler GmbH&Co KG, D-32631 Lemgo
9) Papierspitzen	Kerr GmbH, D-76158 Karlsruhe
10) Guttapercha-Points	Kerr GmbH, D-76158 Karlsruhe
11) AH Plus	De Trey Dentsply, D-78467 Konstanz
12) Cavit W	Espe
13) Nagellack	D.W. Cosmetic, D-60528 Frankfurt
14) Methylenblaulösung 2%	Apotheke Herstellung
15) Silasoft / Silaplast	Detax GmbH, D-76256 Ettlingen
16) Palapress	Heraeus Kulzer GmbH, D-61273 Wehrheim

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 17) Exakt Trennschleifsystem | Exakt Apparatebau, D-22875 Norderstedt |
| 18) CMOS Kamera
Hitachi VK-C150ED | Hitachi Densi LTD, Japan |
| 19) Auflichtmikroskop Stemi SV6 | Zeiss, 73447-Oberkochen |
| 20) UTHSCSA Image Tool 2.0 | The University of Texas, Health Science
Center in San Antonio |
| 21) SPSS 11.5 | SPSS Inc., Chicago IN 60611 USA |

11 Danksagung

Herrn Prof. Dr. Stachniss und Herrn PD. Dr. Stoll möchte ich meinen herzlichen Dank für die Überlassung des Dissertationsthemas und die intensive Unterstützung bei der Entstehung dieser Arbeit aussprechen. Herrn Dr. Hannig danke ich für die Unterstützung bei der methodischen Einarbeitung.

Herrn Dr. Zöfel danke ich posthum für die großzügige und unermüdliche Betreuung bei der statistischen Auswertung. Herr Zöfel war stets mit großer Geduld für mich und andere medizinische und zahnmedizinische Doktoranden da. Dadurch dass er viel zu früh von uns gehen musste, entsteht eine Lücke, die nicht einfach ausgefüllt werden kann.

Bei meinen Eltern bedanke ich mich dafür, dass sie stets für mich da waren und mir immer ein Vorbild waren. Ich kann jetzt das sein, was sie mir beigebracht haben.

12 Tabellarischer Lebenslauf

Alexander Kroneberger

10.06.1963	geb. Slivchenko geboren in Bendery, ehemalige GUS als Sohn von Sergei Slivchenko und Nina Kravchuk
1970-1980	Schulabschluss, Abitur
1981-1986	Studium an der Medizinischen Hochschule in Odessa, Abschluss als Arzt/Stomatologe
1986-1987	Praktisches Jahr als Arzt/Stomatologe
1987-1990	Arzt/Stomatologe im Seleschansker Klinikum
1990-1995	Arzt / Stomatologe im am Med. Zentrum für Zahn, Mund und Kieferheilkunde Odessa – Abt. Prof. Lobenko
25.08.1995	Übersiedlung nach Deutschland
01.10.95-31.02.98	Umschulung als Zahnarzthelfer
01.02.98-29.02.2000	Zahnarzthelfer in Praxis Dr. Frieze / ZÄ Dierks
18.02.2000	Erfolgreiche Gleichwertigkeitsprüfung – LZK Hessen
01.03.2000	Assistent Zahnarzt in Praxis Dr. Frieze / ZÄ Dierks
15.06.2000-18.09.2000	Assistent in Praxis Dr. Frieze / ZÄ Dierks - Halbtagsstelle Wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Prof. Austermann, Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie - Halbtagsstelle
Ab 19.09.2001	Wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Prof. Austermann, Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie - Vollbeschäftigung
10.12.2003	Facharztprüfung – Zahnarzt für Oralchirurgie
01.02.2004	Gemeinschaftspraxis für Zahnheilkunde / Oralchirurgie

13 Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre mich ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Humanmedizin der Philipps-Universität Marburg zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit:

**In vitro Evaluation der lateralen Guttapercha-Kondensations-
technik mit Fingerspreadern verschiedener Spitzengeometrie.**

im Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde unter Leitung von Prof. Dr. V. Stachniss und der Betreuung von Oberarzt PD. Dr. R. Stoll ohne jegliche Hilfe selbst durchgeführt habe.

Ich habe bis dato an keinem anderen zahnmedizinischen Fachbereich eine wissenschaftliche Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Marburg, den 1.9.2004